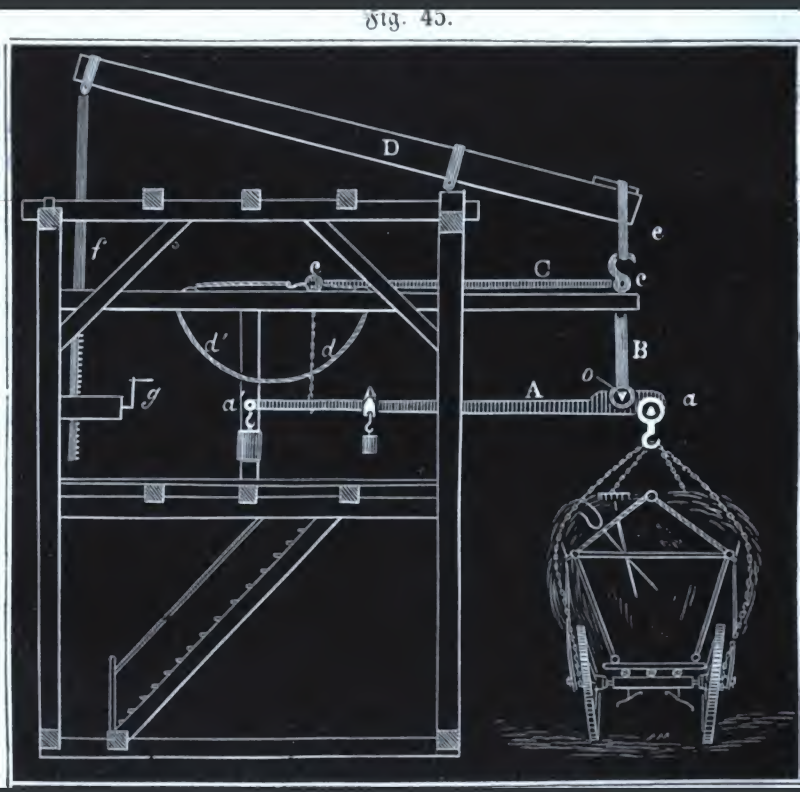


Encyclopädie der gesammten theoretischen ...

Matthias Jacob Schleiden, Ernst Ehrhard Schmid

Digitized by Google

H. nat.
152 p.

Encyclopédie

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Ank. CXXVII.

Braunschweig. **PROSPECTUS.** *Juli* 1850.

Encyclopädie

der gesammten theoretischen

Naturwissenschaften

in ihrer Anwendung

auf die

Landwirthschaft,

umfassend

Physik, anorganische Chemie, organische Chemie, Meteorologie, Mineralogie, Geognosie, Bodenkunde, Düngerlehre, Pflanzenphysiologie, Thierphysiologie und Theorie des rationellen Ackerbaues.

Von

Dr. M. J. Schleiden und **Dr. E. E. Schmid,**
Professoren an der Universität zu Jena.

In drei Bänden.

Mit 500 in den Text eingedruckten Holzschnitten.

Die drei Bände erscheinen, jeder in 3 Lieferungen, gleichzeitig nebeneinander;
Preis jeder Lieferung 20 Ggr.

Braunschweig, Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.

Wozu braucht der practische Landwirth »Kenntniß der theoretischen Naturwissenschaften«? Diese Frage mag noch Manche aufwerfen, der den vorstehenden Titel erblickt und wenn wir auch glauben, daß heutzu Tage eine solche Frage eigentlich keiner Antwort mehr werth ist, da man fast behaupten dürfte, daß Niemand mehr auf den Namen eines wahrhaft Gebildeten Anspruch machen darf, der nicht wenigstens theoretisch eine klare Einsicht in die Naturwissenschaften, ihre Stellung zum ganzen menschlichen Wissen, ihren Umfang, Inhalt und ihre Bedeutung für's Leben sich verschafft, so wollen wir doch hier einige Worte zur Beantwortung dieser Frage sagen, weil sich dabei am bequemsten der Geist des vorstehend angekündigten Werkes, seine Eigenthümlichkeit und Zweckmäßigkeit entwickeln läßt.

In allen Thätigkeiten, welche darauf abzielen, das menschliche Leben zu erhalten, zu erleichtern oder zu verschönern, können wir zwei Arten der Ausführung unterscheiden, die des gemeinen Handwerkes und die des Künstlers. Der erste hat mechanisch abgelernt, was ein anderer konnte und macht das nach; auch ist er wohl noch befähigt, wenn ihm eine ganz bestimmte Vorschrift innerhalb seines Kreises gegeben wird, nach dieser etwas Verlangtes auszuführen. Aber er ist nicht im Stande, selbstständig alte Verfahrungsweisen zu verbessern, die Anwendbarkeit einer Vorschrift zu beurtheilen, oder gar Neues zu erfinden; und alles das einfach aus dem Grunde, weil er keine Einsicht in sein eigenes Thun und Treiben gewonnen, weil er sich der Gründe seines Handelns nicht bewußt ist, weil er Sklave des ihm Angelernten, aber nicht Beherrscher des ihm vorliegenden Stoffes ist.

Digitized by Google

Dem gegenüber steht der Künstler. Dieser kennt genau die Gegenstände, mit denen er sich beschäftigt, er weiß, unter welchen Gesetzen sie stehen, weiß, wie die Erfolge von den unter verschiedenen gegebenen Verhältnissen auch verschiedenartig einwirkenden Gesetzen abhängen, er kennt die Tragweite seiner eignen Thätigkeit, weiß, was von seinem Thun abhängig ist, was nicht, und in Folge alles dessen handelt er in jedem einzelnen Falle nicht nach angelerntem Schlendrian, nicht nach fremdher überkommenen Recepten, sondern nach vernünftiger Erwägung der Verhältnisse, des höchsten möglicher Weise zu erreichenden Zweckes und der besten Mittel dazu.

Der Unterschied zwischen diesen beiden Naturen macht sich überall geltend, im Gewerbe zwischen den meisten deutschen Handwerkern, im Gegensatz zu den englischen und den nordamerikanischen; in der Medicin zwischen dem Routinier oder Receptschmierer und dem wissenschaftlich gebildeten Arzte, unter den Landbebauern endlich zwischen dem Bauern und dem rationellen Landwirth. Wir müssen hier aber die Behauptung aufstellen, daß es im richtig verstandenen Sinne des Wortes nach sehr wenig rationelle Landwirthe giebt und können dabei selbst die Vorsteher von Musterwirthschaften und landwirthschaftlichen Instituten nicht unbedingt ausnehmen. Es kommt nämlich bei dem ausgeführten Unterschiede gar nicht darauf an, ob das Betriebscapital 500 Thaler oder 500,000 Thaler beträgt, sondern auf die Art und Weise des Betriebs, darauf, wie weit sich der Landwirth durch gründliche Kenntnisse von dem Schlendrian des Arbeitens nach fremden Recepten frei gemacht hat, wie weit er sich in den Stand gesetzt hat, jedes gegebene Verhältniß selbstständig zu behandeln, vollständig alle einflußreichen Thatsachen aufzufassen, zu beurtheilen und danach in jedem Falle anders, aber in jedem Falle auch zweckmäßig sein eignes Thun einzurichten.

Was ist nun im Allgemeinen die Aufgabe des Landwirths? Boden und Hausthiere so zu behandeln, daß sie den möglichst größesten Ertrag an Nähr- und Nutzstoffen liefern. — Nun sind aber Boden und Boden, Kuh und Kuh, Schaaf und Schaaf so mannigfaltig verschieden und noch verschiedener als die Blätter auf einer großen Eiche, die, wenn auch in mannigfachen Merkmalen übereinstimmend, doch kaum in zwei Exemplaren ganz vollkommen gleich gefunden werden. Wollte nun einer sich aus Papier ein Muster eines Eichenblattes ausschneiden, um durch Auflegen desselben zu probiren, ob etwas ein Eichenblatt sei oder nicht, so würde er mit 1000 solcher Muster noch nicht reichen und um nur wenige Waldbäume kennen zu lernen, ein ganzes Magazin von Mustern nöthig haben. Ein solches Muster ist aber ein Recept in der Landwirthschaft. Jedes Recept gilt nur für einen bestimmten Boden, ein bestimmtes Klima, eine bestimmte Lage, eine bestimmte Spielart von Getreide oder Hausthier u. s. w. und um für alle Fälle gerüstet zu sein, bedürfte der Landwirth ein Arsenal von Vorschriften, welche auch der genialste und geisteskräftigste Mensch zu übersehen nicht im Stande wäre. Gleichwohl sind die meisten unserer landwirthschaftlichen Lehrbücher noch zur Zeit durchaus nichts anderes als Sammlungen oder Auszüge solcher Vorschriften. Der Botaniker sagt mit wenig bestimmten Worten: »Das Eichblatt ist kurz gestielt, länglich-verkehrt eirund, am Grunde tief ausgerandet, buchtig bis fiederlappig mit abgerundet stumpfen Lappen«, und damit hat er ein Muster, welches auf alle Eichblätter paßt, alle Linden-, Buchen-, Weidenblätter u. s. w. ausschließt. Oder um es kurz zu sagen: Der Botaniker kennt das Gesetz, unter dem die Bildung des Eichblattes steht und die Anwendung des Gesetzes führt ihn in jedem Augenblicke sicher, wo tausende von Mustern oder Recepten ihn noch im Stiche lassen könnten.

Nun sind aber Boden und Hausthiere Naturgegenstände, nicht abgesondert von der übrigen Natur, und immer von derselben abhängig; jede menschliche Thätigkeit und so auch die des Landwirths besteht nur darin daß er eine Naturkraft in ihren Erfolgen

Digitized by Google

fördert oder hemmt, wie es seine Aufgabe gerade verlangt; überall also wird er für sein Thun und Treiben auf die Natur verwiesen und der, welcher es unternimmt, diese vielgestaltige, mannigfaltige, in jedem Augenblicke wechselnde in gewisse Formeln und Recepte zu bannen, ist ein noch zehnmal größerer Narr, als wer sich Muster zur Erkennung der Eichenblätter zuschneiden wollte. Das einzige Mittel, welches hier die Herrschaft über die Natur begründen kann, der einzige Ariadnesfaden, welcher durch die zahllosen Verschiedenheiten und Wechselfälle, durch das Labyrinth der Naturerscheinungen führen kann und sicher hindurchführt, ist die Kenntniß der Naturgesetze. Und damit wären wir am Schlusse angelangt; in den Naturwissenschaften wie überall nennen wir nämlich die Kenntniß der Gesetze »die Theorie«, Kenntniß der Naturgesetze heißt also nur mit andern Worten »theoretische Naturwissenschaft«.

Und nun wird es wenig mehr als eine genaue Zergliederung dieses Titels bedürfen, um die Zweckmäßigkeit und Nothwendigkeit des vorliegenden Werkes, so wie seinen Plan und Inhalt in das rechte Licht zu setzen. Bleiben wir zuerst bei dem Worte Naturwissenschaften stehen, so müssen wir auf den Einwand gefaßt sein, daß ja naturwissenschaftliche Bücher für Landwirthe genug existiren; da ist Chemie und Physik, Bodenkunde und Mineralogie, Botanik und Zoologie zum Ueberdruß bearbeitet, umgearbeitet, commentirt und verbessert vorhanden. Das geben wir zu, und sagen dabei: Leider! denn eben in den vielen Büchern liegt ein Grund ihrer Unbrauchbarkeit. Bei jeder Bearbeitung einer Wissenschaft macht sich der Geist des Verfassers geltend und schon dieselbe Wissenschaft erscheint nicht als dieselbe, wenn sie von zwei verschiedenen Männern dargestellt wird, noch mehr ist das aber der Fall, wenn verschiedene Zweige der Wissenschaft von verschiedenen Männern bearbeitet werden. Die einzelnen Wissenschaften berühren sich mannigfaltig und da kommt es vor, daß einzelne Lehren von jedem Bearbeiter stillschweigend dem andern zugeschoben werden, andere von beiden aber in verschiedenem Geiste bearbeitet erscheinen und so findet sich überall Ueberfluß und Mangel und vor allem, was am drückendsten für den Lernenden ist, Mangel an Uebereinstimmung in den Ansichten, in der Behandlungsweise. Diesem Mangel tritt das vorliegende Buch entgegen, indem das ganze Gebiet aller auf die Landwirthschaft bezüglichen Naturwissenschaften von den Verfassern gemeinschaftlich bearbeitet worden ist, die durch lange Freundschaft und völlige Uebereinstimmung in allen wesentlichen Grundlagen ihrer Wissenschaften verbunden sind, so daß die allerschwierigste Aufgabe, gründliche Behandlung des Einzelnen und Gleichheit der Behandlung des Ganzen hier durch ein glückliches Zusammentreffen gelöst erscheint. — Es ist dadurch gelungen, alles in innere Uebereinstimmung zu bringen, alles in engste Verbindung mit einander zu setzen, alles was für den Landmann wichtig wird, vollständig zu geben, alles Ueberflüssige auszuscheiden und alle Wiederholungen zu vermeiden.

Sodann wenden wir uns zu dem Wort »theoretische Naturwissenschaften.« Es sind nicht Botanik im gewöhnlichen Sinne des Wortes, Zoologie, Mineralogie und so weiter, nicht Anweisung zur Pflanzencultur im Einzelnen die Aufgabe, welche sich die Verfasser gestellt haben, sondern die Kenntniß der Naturgesetze in allen diesen Gebieten, deren Kenntniß allein es möglich macht, die Regeln für alle Fälle selbst zu finden, und die Anwendbarkeit oder Verwerflichkeit gewisser Vorschriften in jedem Falle von vorn herein richtig zu beurtheilen. Um nur ein Beispiel anzuführen, wie viele schwer bezahlte Mißgriffe sind nicht schon von den Landwirthen dadurch begangen worden, daß sie anderswo her entlehnte und dort als vortheilhaft bekannte Culturmethoden (z. B. englische) auf ihren Besitzungen in Anwendung brachten, während eine einfache Kenntniß der meteorologischen und climatischen Gesetze sie im Voraus belehrt haben würde, daß eine solche Uebertragung unzulässig sei, weil sie die climatischen Verhältnisse (wie die gemäßigten und feuchten Jahreszeiten der englischen Inseln) doch nicht mit einführen konnten.

Digitized by Google

Demgemäß besteht der Inhalt des vorliegenden Werkes aus folgenden Theilen.

Der erste Band enthält: 1) die allgemeine physicalische Grundlage, 2) die anorganische Chemie, 3) die chemische Analyse, 4) die landwirthschaftliche Mineralogie.

Der zweite Band giebt: 5) die organische Chemie, 6) die Meteorologie, 7) die Geognosie, 8) die Bodenkunde, 9) die Düngerlehre.

Der dritte Band endlich behandelt: 10) die Pflanzenphysiologie, 11) die Thierphysiologie, insbesondere die Theorie der Ernährung, 12) die Theorie der Pflanzencultur.

Der erste und zweite Band ist vom Professor E. Schmid, der dritte vom Professor M. J. Schleiden bearbeitet. Schon diese Uebersicht zeigt, daß in einer bisher nie erreichten und nie versuchten Vollständigkeit alle naturwissenschaftlichen Lehren zusammengestellt sind, welche in das Getriebe der Landwirthschaft eingreifen. In keiner dieser einzelnen Lehren ist, wie bei den meisten der für Landwirthe und andere Techniker geschriebenen Werken geschieht, ein nach angeblich geringerem Bedürfniß gemachter dürftiger Auszug aus den weitläufigen wissenschaftlichen Werken gegeben, sondern alle sind selbstständig von den Verfassern mit bestimmter Richtung auf das vorgesteckte Ziel neu und eigenthümlich bearbeitet worden.

Endlich möchten wir noch einmal auf die Worte des Titels »in ihrer Anwendung auf die Landwirthschaft« zurückkommen, um einige Erläuterungen daran zu knüpfen. Der Landwirth kann als gebildeter, als glücklicher und erfolgreich wirkender Landwirth nicht bestehen, ohne fortwährend bei seiner Thätigkeit Anwendung von Naturgesetzen zu machen. Was man aber nicht begriffen hat, kann man auch nicht anwenden; man kann wohl eine Vorschrift auswendig lernen und sie sklavisch in seiner Handlungsweise befolgen, der Erfolg hängt dann aber vom Zufall ab und man kann von keiner Anwendung reden, denn diese setzt ein Anpassen des Thuns an die gegebenen Verhältnisse voraus, welches nur durch Einsicht in die Verhältnisse und die anzuwendenden Regeln ermöglicht wird. Gar manche auch gescheute Landwirthe haben aus Erfahrung, wie sie glauben, einen großen Widerwillen gegen Theorie und theoretische Studien eingesogen, weil dieselben sie im Stich gelassen oder auf Irrwege geführt. Und hier können wir in gewisser Weise nicht widersprechen, müssen aber dafür nicht die Theorie, sondern den sogenannten theoretischen Unterricht auf Universitäten und landwirthschaftlichen Schulen verantwortlich machen. Der Nutzen oder Schaden liegt hier nicht in der Sache, sondern in der Methode. Er liegt in der unwürdigen Art und Weise, in welcher meistentheils die studirenden Landwirthe noch behandelt werden, nicht als nach Bildung, geistiger Entwicklung und Aufklärung strebende Männer, sondern als für ein bestimmtes Handwerk abzurichtende Lehrlinge. Auch die theoretischen Naturwissenschaften können durch eine falsche Methode zu einer Sammlung durchaus unanwendbarer Recepte werden, und gerade diese falsche Methode ist die fast allgemein bei der Bildung der Landwirthe herrschende. Man geht von dem verderblichen und grundfalschen Vorurtheil aus, als könne man für den Praktiker einen zum Auswendiglernen fertigen Extract aus den theoretischen Wissenschaften machen, worin die Naturgesetze als fertige Dinge zur bloß gedächtnißmäßigen Auffassung versammelt sind. Statt aller Entwicklung der Begriffe, statt aller Beweise, statt aller Aufklärung der Einsicht genügt dann das Wort des Lehrers ausdrücklich ausgesprochen oder doch hinzugedacht: »Meine Herren, Sie können mir glauben, die Sache verhält sich ganz gewiß so und nicht anders.« Der Autoritätsglaube ist überall ein gefährliches Ding, in der Naturwissenschaft aber geradezu eine Absurdität. Hier kann, hier soll alles bewiesen oder demonstrirt werden, und nur durch den Beweis, durch die Demonstration gelangt man zu wirklicher Einsicht, erwirbt man sich wirklich anwendbare geistige Schätze. Der Lehrer, welcher sich dieser Aufgabe entzieht, betrügt aus Faulheit oder Unwissenheit seine Schüler um den einzigen Gewinn, den sie wirklich aus seinem Unterricht ziehen könnten, nämlich um die Erweiterung ihrer Einsicht, denn das bloße Aus-

Digitized by Google

wendiglernen kann man viel leichter und sicherer aus Büchern auf seiner Stube vornehmen.

Diese falsche Methode, die theoretischen Naturwissenschaften als eine Sammlung fertiger Sätze den Schülern vorzutragen, und statt sie in den Geist derselben einzuführen, ihre Begründung und Ableitung aus den Erscheinungen und damit den Grad ihrer Sicherheit und Vollständigkeit darzulegen ist es, welche das Vorurtheil auch gebildeter Landwirthe gegen theoretische Studien hervorgerufen hat, diese falsche Methode (wir möchten sagen die Furcht der Lehrer, daß die Schüler zu viel lernen und zu klug werden) ist es, welche die Landwirthschaft auf einem verhältnißmäßig so niedern Standpunkt erhält und ihrem Fortschritte zur Vollkommenheit hemmend in den Weg tritt. Auch hier glauben die Verfasser einen neuen Weg eingeschlagen zu haben, indem sie die Naturgesetze überall zugleich mit ihrer Begründung vorführen und indem sie nachweisen, wie die theoretischen Sätze von Beobachtungen und den möglichst einfachen Experimenten abzuleiten und durch dieselben zu begründen sind, es möglich gemacht haben, daß ihr Werk auch dem Selbststudium, wenn es nur mit Ernst und Ausdauer verknüpft ist, vollkommen genügen könne.

Schließlich ist hier noch ein Gedanke deutlich hervorzuheben. Die Verfasser haben in ihrem Werke keine Recepte geben wollen und nach ihrer gewissenhaften Ueberzeugung nicht geben können, weil dergleichen unter hundert Fällen in neunundneunzig nicht anwendbar sind, um die allgemeinen und besondern Zwecke der Landwirthschaft aufs Vollkommenste zu erreichen. Nirgends im Buche wird man die Anweisung finden: so sollt ihr Weizen, so den Klee, so die Kartoffeln bauen, so sollt ihr die Früchte auf einander folgen lassen und so weiter. Vielmehr haben die Verfasser sich es zur Aufgabe gemacht, vollständig und gründlich alle die einzelnen Bedingungen, von denen die üppigste Entwicklung der Culturpflanzen, das kräftigste Gedeihen der Hausthiere, die erfolgreichste Betreibung landwirthschaftlicher Gewerbe u. s. w. abhängt, zu entwickeln, und insbesondere in dem Buche »Theorie der Pflanzenkultur« sorgfältig auf alle die einzelnen Verhältnisse hinzuweisen, von denen das Gelingen irgend einer Operation abhängig sein kann, genau den Werth und die Wichtigkeit dieser einzelnen Verhältnisse zu bestimmen und so den Landwirth in den Stand zu setzen, in jedem einzelnen Falle selbst beurtheilen zu können, welchen Weg er zur Erreichung seines Zieles einzuschlagen habe, was die Ursachen eines verfehlten Versuches, einer fehlgeschlagenen Unternehmung sein können und sein müssen und wie in der Folge ähnlichen Mißgriffen vorzubeugen sei.

Die Verfasser würden schon ein Großes erlangt haben, wenn sie durch ihr Werk und den Geist, in dem dasselbe gearbeitet ist, mit dazu beitrügen, das verderbliche Haschen der Landwirthe nach Recepten, nach Anweisungen zum höchsten Reinertrag und allen diesen Eselsbrücken geistiger Faulheit in Mißcredit zu bringen und die Landwirthe davon zu überzeugen, daß sie durch ein solches Verfahren, durch die Beiseiteschiebung der wahren theoretischen Studien sich ihr eignes Todesurtheil nicht nur als Männer von Bildung, sondern auch als erfolgsichere Geschäftsmänner unterschreiben. — Der so überaus practische Engländer hat ein köstliches Sprüchwort, ein wahres Goldkorn tiefer Menschenweisheit. — Es lautet:

Knowledge is power. *)

Die Verlagshandlung hat ihrerseits mit bekannter, nicht genug zu schätzender Liberalität das Werk so ausgestattet, daß es in dieser Hinsicht selbst überspannten Ansprüchen zu genügen im Stande ist, die äußerst zahlreichen Illustrationen sind fast ohne Ausnahme neu nach Zeichnungen der Verfasser geschnitten worden und kaum

*) Wissen ist Macht.

Digitized by Google

wird irgend ein Satz aufzufinden sein, dem eine solche Illustration mangelte, wenn dieselbe zu seinem bessern Verständnisse wirklich erforderlich war.

Jena, 15. Juli 1850.

Dr. **M. J. Schleiden.** Dr. **E. Schmid.**

Die »Encyclopädie der Naturwissenschaften in ihrer Anwendung auf die Landwirthschaft« erscheint in drei Bänden, von denen jeder in drei Lieferungen ausgegeben wird.

Die verschiedenen Lieferungen der drei Bände erscheinen gleichzeitig nebeneinander und folgen sich sehr rasch, da die Verfasser ihre Arbeit vollendet haben. Alle drei Bände sollen bis Schluß d. J. vollständig ausgegeben sein.

Jeder Band erscheint, außer unter dem Gesammttitel, auch unter folgendem Separattitel:

Bd. I. Physik, anorganische Chemie und Mineralogie. Für Landwirthe bearbeitet von Dr. E. E. Schmid, Professor an der Universität zu Jena. Mit 258 in den Text eingedruckten Holzschnitten. gr. 8. Fein Velinpapier. geh.

Bd. II. Organische Chemie, Meteorologie, Geognosie, Bodenkunde und Düngerlehre. Für Landwirthe bearbeitet von Dr. E. E. Schmid, Professor an der Universität zu Jena. Mit 83 in den Text eingedruckten Holzschnitten. gr. 8. Fein Velinpap. geh.

Bd. III. Physiologie der Pflanzen und Thiere und Theorie der Pflanzencultur. Für Landwirthe bearbeitet von Dr. M. J. Schleiden, Professor an der Universität zu Jena. Mit 156 in den Text eingedruckten Holzschnitten. gr. 8. Fein Velinpap. geh.

Jeder Band ist einzeln und als selbstständiges Werk käuflich.

Der Preis jeder Lieferung ist 20 Sgr. (⅔ Thlr.); des vollständigen Gesammtwerkes 7⅓ Thlr.; jedes einzelnen Bandes unter dem Separattitel 2⅓ Thlr.

Für Lehranstalten und da, wo sich Mehre zum Ankaufe einer Anzahl von Exemplaren vereinigen, kann jede Sortiments-Buchhandlung auf 6 Exemplare ein Frei-Exemplar bewilligen.

Braunschweig, 15. Juli 1850.

Friedrich Vieweg und Sohn.

In demselben Verlage ist ferner erschienen:

Lehrbuch des Wiesenbaues.

Für Landwirthe, Forstmänner, Cameralisten und Techniker. Zum Gebrauche bei Vorlesungen und zum Selbstunterrichte.

Von Dr. Carl Friedrich Emil Fries,

ordentlichem Lehrer der Landwirthschaft an der höheren Gewerbschule zu Darmstadt, Inhaber der großen Medaille für Verdienst um die vaterländische Landwirthschaft und Mitglied mehrerer Vereine für Landwirthschaft, Gewerb-, Natur- und Heilkunde u. s. w.

Mit 212 in den Text eingedruckten Holzschnitten.

gr. 8. Fein Velinpapier. geh. Preis 2 Thlr.

Dieses Werk gehört seiner ganzen Auffassung nach in eine Reihe von Lehrbüchern über Landwirthschaft und Technik, welche, in unserm Verlage erschienen, es sich zur Aufgabe machen, die Wissenschaft mit der Praxis zu verbinden, die letztere aus den handwerksmäßigen Fesseln dürrer Beschreibung von Handgriffen, Vorschriften und Receptkrämerei, deren blinde Befolgung Ursache so mancher mißlungener Anlage ist, zu erlösen, und eine wahrhaft rationelle Praxis, d. h. eine auf die Wissenschaft gestützte, zu begründen. Der Verfasser hat während mehrer Jahre als Techniker große Wiesenculturen geleitet und glänzende Resultate erzielt; er führt dem Leser das gesammte Gebiet der Wiesencultur in einer Weise vor, wie sie bis jetzt weder die deutsche noch eine fremde Literatur aufzuweisen hatte.

Bei der großen Aufmerksamkeit, welche neuerdings der Ent- und Bewässerung der Ländereien zugewendet wird, wodurch nicht allein Tausenden von Händen den größten Theil des Jahres hindurch lohnende Arbeit geboten, sondern wodurch namentlich es möglich wird, jeder Wirthschaft eine sichere, feste Grundlage zu geben, ihren Reinertrag nachhaltig zu steigern, und im Allgemeinen den Nationalwohlstand in's Unglaubliche zu vermehren, wird dieses Werk alle Staats- wie Landwirthe lebhaft interessiren.

Digitized by Google

Im Verlage von Friedrich Vieweg und Sohn in Braunschweig ist erschienen:

Die Chemie
in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie.

Von Justus Liebig. **Sechste Auflage.** gr. 8. Fein Velinp. geh. Preis 2 Thlr. 12 Sgr.

Die Thier-Chemie

oder die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie. Von Justus Liebig. **Dritte umgearbeitete und sehr vermehrte Auflage.** gr. 8. Fein Velinp. geh. Erste Abtheilung. Preis 1 Thlr. 8 Sgr.

Das Buch der Natur,

die Lehren der Physik, Astronomie, Chemie, Mineralogie, Geologie, Physiologie, Botanik und Zoologie umfassend. Allen Freunden der Naturwissenschaft, insbesondere den Gymnasien, Real- und höheren Bürgerschulen gewidmet von Dr. Friedrich Schoedler, Lehrer der Naturwissenschaften am Gymnasium zu Worms, früher Assistenten am chemischen Laboratorium zu Gießen. Mit 350 in den Text eingedruckten Holzstichen, Sternkarten und einer illuminirten geognostischen Tafel.

Fünfte Auflage.

Ein starker Band in groß Median, auf feinem satinirten Velinpapier, geheftet. Preis 1 Thlr. 12 Sgr.

Die Schule der Chemie,

oder erster Unterricht in der Chemie, versinnlicht durch einfache Experimente. Zum Schulgebrauch und zur Selbstbelehrung, insbesondere für angehende Apotheker, Landwirthe, Gewerbtreibende ꝛc. Von Dr. J. A. Stöckhardt, Professor an der Königl. Akademie für Forst- und Landwirthe zu Tharand und Königl. Sächsischer Apothekenrevisor. Mit 290 in den Text eingedruckten Holzschnitten. 8. geh. Velinp. Preis 2 Thlr.

Fünfte verbesserte Auflage.

Mit wahrer Freude kündigen wir die fünfte Auflage dieser Werke an, welche binnen noch nicht vier Jahren nach dem ersten Erscheinen nöthig wurden. Die rasche und große Verbreitung dieser trefflichen Bücher mag ihnen als die beste Empfehlung dienen.

Jede Buchhandlung ist in den Stand gesetzt, auf 6 auf einmal bezogene Exemplare ein Frei-Exemplar zu bewilligen.

Der Mist,

seine chemische Zusammensetzung, seine Wirkung als Düngmittel und seine Zubereitungsweise. Für deutsche Landwirthe bearbeitet von Dr. P. A. Bolley, Professor der Chemie zu Aarau. Nach dem Plane von J. Girardin's Vorlesungen über diesen Gegenstand, gehalten an der Landwirthschaftsschule zu Rouen. 8. Velinpap. geh. 12 Sgr.

Dieses kleine wichtige Buch wird der Aufmerksamkeit des landwirthschaftlichen Publikums angelegentlich empfohlen. Es behandelt den eigentlichen Brennpunkt des landwirthschaftlichen Strebens, den Dünger. Es giebt alles Neue, was die Wissenschaft auf diesem Felde gebracht hat, die Resultate der Untersuchungen von Liebig, Payen und Bousſingault ꝛc., die Werthe der verschiedenen Mistarten, ihre rationelle Behandlung ꝛc.; sie vermittelt den Standpunkt der Chemie mit der oft nachhinkenden Praxis. Die französische Regierung ließ von der, diesem Büchlein zum Grunde liegenden Schrift von Girardin, 20,000 Exempl. unter die besseren Landwirthe vertheilen! Wir werden den landwirthschaftlichen Vereinen, die größere Parthien von Exemplaren für ihre Mitglieder ankaufen mögten, die billigsten Bedingungen stellen.

Lehrbuch der Ober- und Untergährung des Bieres,

oder Anleitung zur rationellen Darstellung vorzüglicher Biere durch die Gährung. Für Brauer und zum Unterrichte in landwirthschaftlichen und technischen Lehranstalten. Von August Ernst Müller, Freiherrl. von Adrian-Werburg'schen Oeconomie- und Renten-Verwalter. gr. 8. Velinpap. geh. 1 Thlr.

Die Gährung ist der weitaus wichtigste chemische Proceß in der Brauerei. Ohne richtige Leitung desselben kann **mit Sicherheit** nie auf Gewinnung guter Biere gerechnet werden. Daher die sonst unbegreifliche Erscheinung, daß man in den meisten Theilen Deutschlands noch so weit hinter der baierschen Brauerei zurück ist, und daß das eine Gebräu mißräth, während das andere geräth, trotz der getreuen Copien aller andern technischen Anlagen nach baierschen Mustern. Diesen wichtigen, rein chemischen Proceß, unter allen Umständen richtig leiten zu lehren, praktischer

Digitized by Google

Im Verlage von Friedrich Vieweg und Sohn in Braunschweig ist erschienen:

Lehrbuch der

rationellen Praxis der landwirthschaftlichen Gewerbe.

Die Bierbrauerei und Branntweinbrennerei, die Hefe-, Liqueur-, Essig-, Stärke-Stärkezucker- und Runkelrübenzuckerfabrikation, die Kalk-, Gyps- und Ziegelbrennerei, Potaschesiederei, Oelraffinerie, Butter- und Käsebereitung, das Brotbacken und Seifensieden umfassend. Zum Gebrauche bei Vorlesungen über landwirthschaftliche Gewerbe und zum Selbstunterrichte für Landwirthe, Cameralisten und Techniker. Von Dr. Fr. Jul. Otto, ordentl. Professor der Chemie am Collegio Carolino und Medicinalrath zu Braunschweig. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzschnitten. gr. 8. fein Velinpap. geh. Preis jeder Lieferung 12 Sgr.

Dritte umgearbeitete und vermehrte Auflage,

bearbeitet unter Mitwirkung vom Prof. Siemens in Hohenheim.

Die dritte Auflage wird 8 bis 10 Lieferungen, jede von 5 bis 6 Bogen, umfassen. Erschienen sind die Lieferungen 1 bis 6; die ferneren folgen in kurzen Zwischenräumen. Preis jeder Lieferung ½ Thlr.

Die landwirthschaftlichen

Geräthe und Maschinen Englands.

Mit besonderer Berücksichtigung der landwirthschaftlichen Mechanik und einer Uebersicht der Verhältnisse der englischen Agricultur. Von Dr. Wilhelm Hamm, Vorsteher der Ackerbauschule zu Rütti, Lehrer der Landwirthschaft und Chemie zu Hofwyl. Mit 604 in den Text eingedruckten Holzschnitten. In einem Bande von 52 Bogen. Preis: 4 Thlr. 8 Sgr.

»Zeige mir Deinen Pflug, und ich will Dir sagen, welch ein Landwirth Du bist« mag als Motto dieser Schrift gelten. Nur mit Hülfe guter Instrumente vermag der Boden chemisch und mechanisch so bearbeitet zu werden, wie es die Praxis und Wissenschaft verlangt. Deutschland ist in dieser Hinsicht zurück, England voraus. Das Buch bietet dem Landmann alle Mittel, in dieser Beziehung nachzukommen. Die Abbildungen und die Beschreibungen sind so genau, daß nach denselben von Stellmachern, Tischlern und Schmieden die für deutsche Verhältnisse wichtigsten landwirthschaftlichen Geräthe gefertigt werden können, ohne Vermittelung theurer Maschinenfabriken. Der Verfasser wanderte in England von Farm zu Farm, um die Geräthe in ihrer Anwendung zu prüfen und an Ort und Stelle zu zeichnen.

Kartoffel-Noth

(nicht Kartoffel-Krankheit)

und

Nachweisung ihr abzuhelfen.

Mit besonderer Rücksicht auf kleinere Wirthschaften und Landschulen in einigen Gegenden Deutschlands. Nebst einer Zugabe vermischten Inhalts von Traugott Ehlert Arrmonth.

8. geh. Fein Velinpap. Preis: ⅓ Thlr.

Langjährige Beobachtungen, praktische Erfahrung und wahrhafte Theilnahme an dem Wohl und Wehe der arbeitenden Classe und der kleinern Besitzer auf dem Lande, dictirten dem Verfasser den Inhalt des hier angezeigten kleinen Buches. Die gegenwärtige Zeit, welche bereits viele ungewöhnliche Lasten aufbürdete, mehrere noch herbeiführen wird, und mit ihren Forderungen bis in die Hütten dringt, schien am geeignetsten, ein ernstes Wort über einen so wichtigen Gegenstand laut auszusprechen. Möge dieses Wort Denen, für die es gesprochen, so zu Herzen gehn, wie es vom Herzen gekommen.

Unter der Presse befindet sich:

Die Grundzüge der Landwirthschaft.

Ein Lehrbuch für den Selbstunterricht und zum Gebrauch in landwirthschaftlichen Lehranstalten. Mit 1500 in den Text eingedruckten Abbildungen. Nach dem Cours élémentaire d'agriculture der Professoren Girardin und Du Breuil bearbeitet von Dr. Wilhelm Hamm, Redacteur der Agronomischen Zeitung, Ehrenmitglied des landwirthschaftlichen Vereins für das Königreich Bayern, der kaiserl. freien ökonomischen Gesellschaft zu Petersburg ꝛc. ꝛc. In zwei Bänden. gr. 8. Fein Velinp.

Google

Im Verlage von Friedrich Vieweg und Sohn in Braunschweig ist erschienen:

Lehrbuch der

rationellen Praxis der landwirthschaftlichen Gewerbe.

Die Bierbrauerei und Branntweinbrennerei, die Hefe-, Liqueur-, Essig-, Stärke-, Stärkezucker und Runkelrübenzuckerfabrikation, die Cider- oder Obstmostbereitung, die Kalk-, Gyps- und Ziegelbrennerei, Potaschesiederei, Oelraffinerie, Butter- und Käsebereitung, das Brotbacken und Seifesieden umfassend. Zum Gebrauche bei Vorlesungen über landwirthschaftliche Gewerbe und zum Selbstunterrichte für Landwirthe, Cameralisten und Techniker.

Von Dr. Fr. Jul. Otto,

ordentl. Professor der Chemie am Collegio Carolino und Medicinalrath zu Braunschweig.

Dritte umgearbeitete und vermehrte Auflage,

bearbeitet unter Mitwirkung von

Carl Siemens,

Professor der Technologie an der land- und forstwirthschaftlichen Academie zu Hohenheim, Vorstand der chemisch technischen Werkstatt daselbst.

Mit 4 Kupfertafeln in quer Folio und 225 in den Text eingedruckten Holzschnitten. Vollständig erschienen in 10 Lieferungen. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 5 Thlr.

»Der höhere Aufschwung der Gewerbe im Allgemeinen, und die Verhältnisse der Landwirthschaft im Besonderen, weisen jetzt den verständigen Landwirth fast gebieterisch darauf hin, aus seinen Producten zugleich den Nutzen zu ziehen, welchen ehemals der Fabrikant aus der weitern Bearbeitung, man kann sagen, aus der Veredlung der Producte des Bodens, zog. Kein Anderer als der Landwirth kann mit so vielem Vortheil die Gewerbe betreiben, welche unter dem Namen der landwirthschaftlichen Gewerbe allgemein bekannt sind. Die auf dem Lande wohlfeileren Localmiethen, das billigere Tagelohn, der niedere Preis des Brennmaterials, die hohe Verwerthung der bei fast allen diesen Gewerben vorkommenden Abfälle und Nebenproducte, die durch die Verarbeitung der Bodenproducte am Erzeugungsorte herbeigeführte große Ersparniß an Fuhrlohn, erklären dies vollständig. Man ist über die Zeit hinaus, wo man glaubte, durch Geheimmittel das günstigste Resultat zu erlangen, man erkennt jetzt allgemein an, daß nur eine gleichmäßig rationelle Ausführung aller einzelnen Operationen, daß nur die Verbindung der Wissenschaft mit der Praxis, den günstigsten Erfolg herbeiführen kann. Der Zweck dieses Buches ist es nun, eine solche rationelle Praxis zu lehren, ohne welche der größere Landwirth und der Gewerbtreibende nicht mehr existiren können. Ohne alle Weitschweifigkeit, und ohne chemische Kenntnisse vorauszusetzen, werden alle praktischen Ergebnisse, alle Regeln, auf ihren innern wissenschaftlichen Grund zurückgeführt, damit der Gewerbtreibende eine vollkommen klare Einsicht in sein Gewerbe gewinne.

»Früher als Chemiker in der ausgedehnten Nathusius'schen Gewerbeanstalt zu Althaldensleben beschäftigt, seitdem in fortwährendem Verkehr mit den Gewerbtreibenden und als Lehrer der chemisch-technischen Gewerbe an dem Collegio Carolino zu Braunschweig thätig, habe ich mich mit den Gewerben vollkommen vertraut gemacht, und die Bedürfnisse der Gewerbtreibenden genau erkannt. Ich habe die feste Ueberzeugung gewonnen, daß nur auf dem Wege, welchen ich eingeschlagen habe, eine höhere Ausbildung der Gewerbtreibenden zu erreichen ist, und daß nur durch seine Verfolgung der Gewerbtreibende zu einem ernsten Studium der Hülfswissenschaften angeregt werden wird. Hat er durch Werke, wie das vorliegende, Geschmack an der Wissenschaft bekommen, fühlt er das Bedürfniß, mehr zu lernen, dann erst wird er mit Vergnügen und mit Nutzen einen Vortrag über Chemie hören oder ein Lehrbuch der Chemie studiren.«

Mit diesen Worten führt der Herr Verfasser sein Werk im Prospectus ein, sie bezeichnen genau den Zweck und Charakter des Buches.

Die dritte Auflage, welche den beiden vorhergehenden rasch gefolgt ist, erschien in 10 Lieferungen; das Werk liegt jetzt vollendet vor.

Digitized by Google

CXXVII. Schleiden

Im Verlage von Friedrich Vieweg und Sohn in Braunschweig ist erschienen:

Encyclopädie

der gesammten theoretischen

Naturwissenschaften

in ihrer Anwendung auf die

Landwirthschaft.

Von

Dr. M. J. Schleiden und Dr. E. E. Schmid,

Professoren an der Universität zu Jena.

Mit 500 in den Text eingedruckten Holzschnitten.

gr. 8. Fein Velinpap. geh.

Drei Bände, von denen jeder unter folgendem Separattitel auch einzeln käuflich ist:

Bd. I. Physik, anorganische Chemie und Mineralogie. Für Landwirthe bearbeitet von Dr. E. E. Schmid, Professor an der Universität zu Jena. Mit 258 in den Text eingedruckten Holzschnitten. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 2½ Thlr.

Bd. II. Organische Chemie, Meteorologie, Geognosie, Bodenkunde und Düngerlehre. Für Landwirthe bearbeitet von Dr. E. E. Schmid, Professor an der Universität zu Jena. Mit 83 in den Text eingedruckten Holzschnitten. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 2½ Thlr.

Bd. III. Die Physiologie der Pflanzen und Thiere und Theorie der Pflanzencultur. Für Landwirthe bearbeitet von Dr. M. J. Schleiden, Professor an der Universität zu Jena. Mit 161 in den Text eingedruckten Holzschnitten. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 2½ Thlr.

Der Preis des vollständigen Gesammtwerkes ist 7½ Thlr. Für Lehranstalten, und da wo sich Mehre zum Ankaufe einer Anzahl von Exemplaren vereinigen, kann jede Sortiments-Buchhandlung auf 6 Exemplare ein Frei-Exemplar bewilligen.

Auf die Bedeutung des vorliegenden Werkes aufmerksam zu machen, dürfte überflüssig sein; sie springt in die Augen. Das Studium der Naturwissenschaften in einem bestimmten Umfange, ist dem rationellen Landwirthe schon jetzt unabweisbares Bedürfniß und wird es immer mehr werden. Die Encyclopädie von Schleiden (dem Verfasser des »Lebens der Pflanzen«, der wissenschaftlichen Botanik ꝛc.«) und Schmid bietet vor den vorhandenen Hülfsmitteln den großen Vortheil, daß sie das Gesammtgebiet der Naturwissenschaften, so weit sie für den praktischen Landwirth Bedeutung haben, in einem innern Zusammenhange vorführt, eine Disciplin der Wissenschaft durch die andere stützt und ergänzt, und eine Einheit in das Ganze der Darstellung bringt, die für das Verständniß von der größten Wichtigkeit ist. Zahlreiche Illustrationen erleichtern dieses noch mehr.

Dürfen wir für die Empfehlung des ausgezeichneten Werkes noch etwas hinzufügen, so mögen es die Worte sein, mit welchen der Vorstand der 14. Versammlung der deutschen Land- und Forstwirthe, welche im Jahre 1851 in Salzburg unter der Leitung Sr. Kaiserl. Hoheit des Erzherzogs Johann zusammentrat, sich ausspricht. Sie lauten: »Da das Bedürfniß einer gründlichen Bearbeitung der den Landbau betreffenden Theile der Naturwissenschaften durch die Encyclopädie der gesammten Naturwissenschaften und ihre Anwendung auf die Landwirthschaft von Dr. Schleiden und Dr. Schmid, befriedigt ist,« so entsteht die weitere Frage ꝛc.

Digitized by Google

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Digitized by Google

Encyclopädie

der gesammten theoretischen

Naturwissenschaften

in ihrer Anwendung auf die

Landwirthschaft,

umfassend

Physik, anorganische Chemie, organische Chemie, Meteorologie, Mineralogie, Geognosie, Bodenkunde, Düngerlehre, Pflanzenphysiologie, Thierphysiologie und Theorie des rationellen Ackerbaues.

Von

Dr. M. J. Schleiden und Dr. E. E. Schmid.

Professoren an der Universität zu Jena.

In drei Bänden.

Erster Band.

Mit 500 in den Text eingedruckten Holzschnitten.

Braunschweig,

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.

1850.

Digitized by Google

Physik,
anorganische Chemie
und
Mineralogie.

Für

Landwirthe bearbeitet

von

Dr. E. E. Schmid,
Professor an der Universität zu Jena.

Mit 258 in den Text eingedruckten Holzschnitten.

Braunschweig,
Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.
1850.

Digitized by Google

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Digitized by Google

Vorwort.

Ueber die in dem gegenwärtigen Werke behandelten Gegenstände sind bereits so viele größere und kleinere Handbücher vorhanden, denen allen ihr Werth nicht abzusprechen sein mag, daß es zweifelhaft erscheinen könnte, ob das Erscheinen der vorliegenden Bücher irgend gerechtfertigt werden könne. Bei genauerem Eingehen möchte sich indeß unschwer zeigen lassen, daß die vorliegende Encyclopädie von allen Handbüchern der Chemie und Physiologie für Landwirthe so wesentlich abweicht, daß sie neben allen jenen Werken nicht nur sehr wohl bestehen kann, sondern auch, wenn anders die Fähigkeit der Verfasser ihren Absichten und ihrem guten Willen gleich kommt, einer ganz selbstständigen Anforderung auf einem neuen, bisher noch nicht betretenen Wege entspricht. —

Die bisherigen Werke über Chemie, Physik und Physiologie leiden hauptsächlich an folgenden Mängeln, welche ihren Gebrauch für Landwirthe erschweren oder doch höchst unbequem machen.

Erstlich sind sie nur zum geringeren Theile mit ausdrücklicher Beziehung auf Landwirthschaft geschrieben und enthalten daher gar Vieles, was den Landwirth durchaus nicht interessirt, Anderes, was ihm sehr wichtig werden kann, in unerwünschter Kürze. Hier dagegen war es vor allem Zweck, eine strenge Auswahl zu treffen, nichts aufzunehmen, was nicht für den Landwirth wichtig ist oder zum Verständniß des Wichtigen ganz unumgänglich nöthig war.

Digitized by Google

Zweitens führte jene Zerfällung in einzelne Lehren eine Menge Nachtheile mit sich, die dem Praktiker, der von jenen Werken Gebrauch machen soll, sehr störend in den Weg treten. Es hängt nämlich fast ganz von der Ansicht jedes einzelnen Schriftstellers ab, wie eng oder wie weit er den Kreis seines Zweiges der Naturwissenschaft ziehen will. Die Meisten nehmen hier eher zu viel, als zu wenig, und so kommt es, daß eine große Anzahl einzelner Lehren sich in jedem Buche wiederholen, aber natürlich von jedem Schriftsteller in anderer Weise aufgefaßt und bearbeitet werden. Dadurch entsteht für Den, welcher nicht schon auf der Höhe der Wissenschaft steht, eine häufig im höchsten Grade störende Verwirrung, und manche oft sehr wichtige Widersprüche treten wirklich oder scheinbar zwischen den einzelnen Handbüchern hervor, die sich der Praktiker aufzulösen nicht im Stande ist.

Dagegen ist es bei diesem Werke ein Hauptzweck gewesen, das Ganze möglichst aus einem Gesichtspunkte und nach einem Gusse zu vollenden, was nur dadurch erreicht werden konnte, daß die Verfasser, seit Jahren durch Freundschaft verbunden, in allen wesentlichen theoretischen Ansichten einer Meinung, auch gerade ihre auf die praktische Seite, die Landwirthschaft, gerichteten Studien durchweg gemeinschaftlich gemacht haben.

Drittens legen die Verfasser einigen Werth auf die Methode, welche sie bei diesem Werke befolgt haben. Die meisten Werke, die theilweise denselben Inhalt behandeln, erscheinen rein theoretisch oder rein empirisch. Die Bewohner der Bergbaudistricte unterscheiden bekanntlich zwischen Ingenieur und Bergmann so, daß sie jenen als den bezeichnen, der es versteht, aber nicht machen kann, diesen dagegen als den, der zwar machen kann, aber nicht versteht, was er macht. In ähnlicher Weise finden wir unter denen, die irgend eine Naturwissenschaft im Leben zur Anwendung bringen sollen, und so insbesondere unter den Landwirthen auch zwei Classen, denen man stets die Methode ihrer Lehrmeister anmerkt. Die eine hat eine Menge theoretischer Kenntnisse gesammelt, mit denen sie nichts anzufangen

Digitized by Google

weiß, weil sie die Brücke nicht kennt, die von der Wissenschaft in's Leben überführt; die andere dagegen hat eine Menge nützlicher praktischer Recepte auswendig gelernt, weiß sich aber nicht zu helfen, wo in dem ewig wechselnden Spiele der Natur ein solches Recept, wie natürlich oft vorkommt, seine Dienste versagt, denn sie können wohl düngen, pflügen, säen, wie ihnen vorgeschrieben, aber sie verstehen nicht, was sie machen. Hier roher Empirismus, dort unfruchtbare Theorie sind die beiden Extreme, die zu vermeiden sind. Man würde sich aber sehr täuschen, wenn man glaubte, daß das eine Verbindung von Theorie und Praxis herbeiführte, daß man einerseits auf einer Universität, auf einer Anstalt oder sonst theoretische Naturwissenschaft triebe, andererseits auf einem Landgute pflügen, säen und Vieh füttern lernte. Jenes und dieses wird ewig wie Wasser und Oel unverbunden neben einander liegen, ohne sich gegenseitig zu durchdringen und zu beleben, wenn nicht die Theorie schon praktisch und jede Praxis theoretisch gewesen ist. Für das Letzte haben die landwirthschaftlichen Institute zu sorgen, obwohl es scheinen möchte, als ob sie bisher ihrer Aufgabe schlecht oder gar nicht genügt hätten. Das Andere ist Sache des naturwissenschaftlichen Unterrichts, mag derselbe nun ebenfalls von landwirthschaftlichen Instituten, oder sonst wo ertheilt werden. Es kommt nämlich z. B. in der Chemie nicht allein auf die Kenntniß der theoretischen Grundsätze an; mit diesen allein wird in der Regel Niemand etwas im Leben anfangen können, man muß vielmehr, wenn die chemischen Lehren von Nutzen sein sollen, selbst praktisch chemische Arbeiten gemacht, selbst Versuche angestellt haben, dann erst gewinnt man einerseits das rechte Verständniß für die Grundsätze der Wissenschaft und lernt andererseits einsehen, wie sie mit den Erscheinungen im Leben zusammenhängen und sich auf dieselben zur Erklärung anwenden lassen. Von einem Landwirthe kann man nun nicht verlangen, daß er neben den theoretischen Handbüchern der Chemie in ihrer umfassenden Vollständigkeit auch noch die nicht minder umfangreichen Werke über analytische Chemie durchstudire und sich in diese

Digitized by Google

weitläufigen Operationen, wie sie dem gebildeten Chemiker allerdings unerläßlich sind, hineinarbeite. Aehnliches gilt für die Pflanzenphysiologie, wo es ebenso unerläßlich ist, über den inneren Bau der Pflanzen und ihrer Theile aus eigener Anschauung sich unterrichtet zu haben, indem mit allen Beschreibungen und Abbildungen nichts als eine unfruchtbare historische Kenntniß der Dinge gewonnen wird.

Dies Alles in's Auge fassend, haben die Verfasser des vorliegenden Werkes sich bemüht, in doppelter Weise Theorie und Praxis in einander zu verweben und darin setzen sie den Vorzug ihrer Methode. Auf der einen Seite haben sie die Theorie selbst möglichst praktisch zu machen gesucht, indem sie, mit Sorgfalt die Theile auswählend, die für den Landmann von unmittelbarer praktischer Wichtigkeit sind, in diesen mit der theoretischen Entwickelung auch zugleich die Anweisung zu eigenen Arbeiten verbunden haben, wodurch das Studium jener erst belebt und anwendbar gemacht wird. Auf der anderen Seite haben sie aber selbst auch eine Auswahl rein empirischer Operationen und Vorgänge aufgenommen und an ihnen nachgewiesen, wie der stumpfe gewohnheitsmäßige Schlendrian des Bauers durch Beziehung auf theoretische Betrachtungen zum bewußten und verständigen Handeln des rationellen Landwirthes zu erheben, wie die rohe Praxis durch die Theorie zu begeistigen sei. —

Im Uebrigen ist die Auswahl und Anordnung des Stoffes den Verfassern eigenthümlich und dieselben glauben aussprechen zu dürfen, daß bis jetzt kein Werk vorhanden ist, welches in gleicher Vollständigkeit, aber auch mit gleicher Beseitigung des Ueberflüssigen, also in gleicher Weise compendiarisch, dem Landwirthe die sämmtlichen theoretischen naturwissenschaftlichen Disciplinen mit steter Beziehung auf die landwirthschaftliche Thätigkeit vorführte.

Digitized by Google

Vorwort für den erſten Band.

Der erſte Band der Encyclopädie der Naturwiſſenſchaften für Landwirthe enthält Phyſik, anorganiſche Chemie und Mineralogie. Von den phyſikaliſchen Lehren ſind nur diejenigen berückſichtigt worden, welche der Chemie, der Witterungskunde, der Bodenkunde oder der Phyſiologie zur Grundlage dienen. Von der anorganiſchen Chemie iſt ein allgemeiner Ueberblick gegeben in der Weiſe, daß zwar nur diejenigen Lehren ausführlich abgehandelt worden ſind, welche zu der landwirthſchaftlichen Praxis in einer nothwendigen Beziehung ſtehen, daß aber doch auch alle diejenigen kurz mitgetheilt wurden, welche für das praktiſche Leben überhaupt eine größere Bedeutung gewonnen haben; denn die Intereſſen der landwirthſchaftlichen und allgemein-gewerblichen Praxis greifen zu häufig in einander über. Aus demſelben Grunde und zugleich, weil dadurch chemiſche Kenntniſſe am leichteſten für die Praxis belebt werden, iſt die qualitativ chemiſche Unterſuchungskunſt auf einen weiteren Umfang ausgedehnt worden. Die quantitativ chemiſche Unterſuchung hingegen beſchränkt ſich ſtreng auf landwirthſchaftliche Bedürfniſſe. Am meiſten konnte der mineralogiſche Abſchnitt beſchränkt werden, da nur diejenigen Mineralien beſchrieben ſind, welche als weſentliche Gemengtheile in den Geſteinen vorkommen, und ſomit weſentlich zur Bildung des Pflanzenbodens beitragen.

Dr. E. Schmid.

Digitized by Google

Digitized by Google

Inhalt des ersten Bandes.

Erster Abschnitt.

Physikalische Grundlagen.

I. Die Schwere im Allgemeinen und in Verbindung mit den Aggregationsformen.

1. Schwere.

		Seite
§. 1.		
» 2.	Freier Fall	1
» 3.	Wurfbewegung	2
» 4.	Gewicht und Maß	4
» 5.	Dichte	7
» 6.	Specifisches Gewicht	7

2. Unterschied der Aggregationsformen.

» 7.		8

3. Die Schwereerscheinungen in ihrem Zusammenhange mit den Aggregationsformen.

§. 8.		9
» 9.	Schwerpunkt	10
» 10.	Geneigte Ebene	11
» 11.	Keil	12
» 12.	Schneidende Werkzeuge. Pflug	13
» 13.	Hebel	17
» 14.	Römische od. Schnellwage	20
» 15.	Haspel	21
» 16.	Horizontalität der freien Oberfläche einer Flüssigkeit	21
» 17.	Bodendruck einer Flüssigkeit	22
» 18.	Stand einer Flüssigkeit in communicirenden Gefäßen	22
» 19.	Luftdruck. — Barometer	23
» 20.	Heber	26
» 21.	Schweben, Schwimmen, Untersinken	27

4. Bestimmung des absoluten Gewichts.

		Seite
§. 22.		28
» 23	Krämerwage	29
» 24.	Theorie der Wage	30
» 25.	Prüfung einer Wage	31
» 26.	Methode der doppelten Wägung	33
» 27.	Gewichte	33
» 28.	Brückenwage	33
» 29.	Heuwage	36

5. Bestimmung des spec. Gewichts und der Dichte.

§. 30.		38
» 31.	Pyknometer	38
» 32.	Bestimmung der Dichte von Pulvern	39
» 33	Hydrostatische Wage	39
» 34.	Senkwage, Scalenaräometer	41

II. Aggregationsformen.

1. Aeußere Gestalt.

§. 35.		43
» 36.	Krystallformen	44
» 37.	Formen organisch. Körper	45

2 Elasticität.

§. 38.		45
» 39.	Elasticität starrer Körper	46
» 40.	Elasticität tropfbar flüssiger Körper	48
» 41.	Elasticität der Gase	49
» 42.	Spannkraft, Tension der Gase	51
» 43.	Luftpumpe	51
» 44.	Saug- und Druckpumpe	54
» 45.	Hydraulische Presse	56
» 46.	Compressionspumpe, Windbüchse	60

Digitized by Google

Seite

3. Adhäsion.

§. 47. 62
» 48. Capillarität 66
» 49. Absorption von Gasen durch starre Körper 70
» 50. Reibung 72
» 51. Landtransport 75

4. Durchdringung.

» 52. 78
» 53. Lösung von Gasen in Gasen. Diffusion 78
» 54. Lösung von tropfbaren Flüssigkeiten in tropfbaren Flüssigkeiten 82
» 55. Auflösung von starren Stoffen in tropfbaren Flüssigkeiten Auflösung. Krystallisation 85
» 56. Absorption von Gasen durch tropfbare Flüssigkeiten . . 88
» 57. Chemische Verbindung . . 93

III. Wärme.

1. Thermometer.

§. 58. 95

2. Wirkungen der Wärme.

§. 59. 98
» 60. Ausdehnung starrer Körper durch Wärme 98
» 61. Metallthermometer . . . 100
» 62. Ausdehnung tropfbarer Flüssigkeiten 101
» 63. Ausdehnung der Gase . . 104
» 64. Luftthermometer 105
» 65. Ausdehnungscoefficienten . 106
» 66. Schmelzung starrer Stoffe. Erstarrung tropfbarer Flüssigkeiten. Schmelzungswärme 107
» 67. Sieden und Verdampfen der tropfbaren Flüssigkeiten in freier Luft 109
» 68. Verdampfungswärme oder latente Wärme der Dämpfe 112
» 69. Spannkraft und Dichte der Dämpfe 114

3. Wärmecapacität und specifische Wärme.

§. 70. 118

4. Verbreitung der Wärme.

§. 71. 123
» 72. Wärmeleitung 124
» 73. Gesetze der Strahlung überhaupt. Lichtstrahlung und Absorption 124

Seite

§. 74. Wärmestrahlung und Wärmeabsorption 129

5. Anwendung der Wärmelehre auf die Technik.

A. Heizapparate.

§. 75. 134
» 76. Glühöfen 135
» 77. Kesselfeuerungen 136
» 78. Zimmerheizung 137

B. Destillirapparate.

§. 79. 139
» 80. Destillation im Kleinen . 139
» 81. Destillation im Großen . 141
» 82. Spiritusapparate . . . 141

C. Dampfkessel.

§. 83. 144

D. Dampfheizung.

§. 84. 150

E. Dampfmaschine.

§. 85. 152

IV. Elektricität.

1. Elektrische Spannung.

§. 86. 158
» 87. Positiv- und negativ-elektrische Spannung. Elektroscope 159
» 88. Elektrisirmaschine . . . 160
» 89. Elektrische Vertheilung . . 162
» 90. Gebundene Elektricität. — Elektrische Flasche . . . 164

2. Elektrischer Strom.

§. 91. 167
» 92. Volta'sche Säule oder Kette 167
» 93. Elektrischer Strom . . . 169
» 94. Schlußbemerkung 170

Zweiter Abschnitt.

Anorganische Chemie.

I. Chemische Verhältnisse der Stoffe im Allgemeinen.

§. 95. 172
» 96. Chemische Zersetzung . . 174
» 97. Chemische Elemente . . . 175
» 98. Anorganische und organische Stoffe 176

Digitized by Google

Seite

II. Die chemischen Elemente und ihre anorganischen Verbindungen.

§. 99. 179

1. Sauerstoff.

§. 100. Darstellung des Sauerstoffs 179
» 101. Eigenschaften des Sauerstoffs 183
» 102. Vorkommen des Sauerstoffs 185
» 103. Verbindungen des Sauerstoffs 185

2. Wasserstoff.

§. 104. Darstellung des Wasserstoffgases 188
» 105. Eigenschaften des Wasserstoffgases 189
» 106. Knallluft 190
» 107. Platinfeuerzeuge 192
» 108. Knallgasgebläse 192
» 109. Bildung und Zersetzung des Wassers 193
» 110. Eigenschaften des Wassers . 195
» 111. Wasserstoffhyperoxyd . . 196
» 112. Desoxydation durch Wasserstoffgas 197
» 113. Vorkommen des Wasserstoffgases 198

3. Kohlenstoff.

§. 114. Vorkommen des Kohlenstoffs 198
» 115. Eigenschaften des Kohlenstoffs 199
» 116. Anwendungen des Kohlenstoffs 200
» 117. Verbreitung des Kohlenstoffs 201
» 118. Oxydationsstufen des Kohlenstoffs 201
» 119. Kohlensäure 201
» 120. Kohlenoxydgas 204
» 121. Kohlenwasserstoff 205
» 122. Schweres Kohlenwasserstoffgas 205
» 123. Leichtes Kohlenwasserstoffgas 207
» 124. Böse Wetter in den Kohlengruben 207

4. Brennstoffe.

§. 125. 209
» 126. Zusammensetzung der rohen Heizstoffe 209
» 127. Verkohlung der Heizstoffe . 212
» 128. Verbrennung der Heizstoffe 217
» 129. Heizkraft verschiedener Heizstoffe 219

Seite

§. 130. Zusammensetzung und Verbrennung der Leuchtstoffe . 222
» 131. Leuchtgas 224
» 132. Leuchtkraft verschiedener Leuchtstoffe 229

5. Stickstoff.

§. 133. Darstellung des Stickstoffgases 230
» 134. Eigenschaften des Stickstoffs 231
» 135. Vorkommen des Stickstoffs 231
» 136. Verbindungen d. Stickstoffs mit Sauerstoff 232
» 137. Salpetersäure 232
» 138. Salpetersaure Salze . . 234
» 139. Untersalpetersäure . . . 235
» 140. Salpetrige Säure . . . 235
» 141. Rauchende Salpetersäure . 235
» 142. Stickstoffoxydgas . . . 236
» 143. Stickstoffoxydulgas . . . 236
» 144. Ammoniak 238
» 145. Ammoniumoxyd 240
» 146. Amid 241
» 147. Bildung von Ammoniak- u. Salpetersäure 241
» 148. Verbindung des Stickstoffs mit Kohlenstoff 243

6. Schwefel.

§. 149. Vorkommen u. Darstellung 244
» 150. Eigenschaften des Schwefels 245
» 151. Verbindung des Schwefels mit Sauerstoff 246
» 152. Schweflige Säure . . . 246
» 153. Schwefelsäurehydrat und schwefelsaure Salze . . . 247
» 154. Wasserleere Schwefelsäure . 251
» 155. Verbindungen des Schwefels mit Metallen und mit Kohlenstoff 253
» 156. Schwefelwasserstoff . . . 254
» 157. Verbreitung des Schwefels 257

7. Selen.

§ 158. 257

8. Phosphor.

§. 159. Vorkommen des Phosphors 257
» 160. Darstellung des Phosphors 257
» 161. Eigenschaften d. Phosphors 258
» 162. Verbindungen d. Phosphors mit Sauerstoff 260
» 163. Phosphoroxyd 260
» 164. Unterphosphorige Säure . 260
» 165. Phosphorige Säure . . 261
» 166. Phosphorsäure 261
» 167. Hydrat der Phosphorsäure 262
» 168. Phosphorsaure Salze . . 263

Digitized by Google

Seite

§. 169. Phosphorwasserstoff . . . 263
» 170. Verbindungend. Phosphors mit anderen Elementen . 265

9. Chlor.

» 171. Darstellung des Chlorgases 265
» 172. Eigenschaften d. Chlorgases 266
» 173. Oxydationsstufen d. Chlors 268
» 174. Unterchlorige Säure . . 268
» 175. Chlorsäure 269
» 176. Ueberchlorsäure 270
» 177. Chlorige Säure 270
» 178. Unterchlorsäure 271
» 179. Chlorwasserstoffsäure . . 271
» 180. Königswasser 274
» 181. Verbindungen des Chlors mit den Metallen . . . 274
» 182. Weitere Verbindungen des Chlors 275
» 183. Verbreitung des Chlors . 275

10. Brom.

» 184. Vorkommen des Broms . 275
» 185. Darstellung des Broms . 276
» 186. Eigenschaften des Broms . 276

11. Jod.

» 187. Vorkommen des Jods . . 276
» 188. Darstellung des Jods . . 277
» 189. Eigenschaften des Jods . 277

12 Fluor.

» 190. Vorkommen des Fluors . 278
» 191. Fluorwasserstoffsäure . . 278

13. Cyan.

» 192. 279
» 193. Cyanwasserstoffsäure . . 279
» 194. Cyanmetalle 280
» 195. Cyansäure 280

14. Bor.

» 196. 281

15. Silicium.

» 197. Kieselsäure 282
» 198. Silicium 283
» 199. Fluorsilicium u. Kieselfluorwasserstoffsäure 283

16. Kalium.

» 200. Pottasche 284
» 201. Kalihydrat 286
» 202. Kalium 287
» 203. Kaliumoxyd 290
» 204. Kali und Kohlensäure . . 290
» 205. Kali und Salpetersäure . 290
» 206. Schießpulver 293
» 207. Kali und Schwefelsäure . 294

Seite

§. 208. Kali und Phosphorsäure . 295
» 209. Kali und Chlorsäure . . 295
» 210. Kali und Kieselsäure . . 295
» 211. Kalium und Schwefel . . 296
» 212. Kalium und Chlor . . . 297

17. Natrium.

» 213. Soda. Kohlens. Natron . 297
» 214. Natronhydrat 298
» 215. Natrium 298
» 216. Natriumoxyd 298
» 217. Natron und Kohlensäure . 299
» 218. Natron und Salpetersäure 300
» 219. Natron und Schwefelsäure 300
» 220. Sodafabrikation aus Glaubersalz 301
» 221. Natron und Phosphorsäure 303
» 222. Natron und Borsäure . . 303
» 223. Natron und Kieselsäure . 304
» 224. Natrium und Schwefel . 304
» 225. Natrium und Chlor . . 304
» 226. Verbreitung des Natriums 308

18. Lithium.

» 227. 308

19. Ammonium.

» 228. 309
» 229. Chlorammonium. — Salmiak 309
» 230. Ammoniumoxyd und Kohlensäure 312
» 231. Ammoniumoxyd und Salpetersäure 313
» 232. Ammoniumoxyd u. Schwefelsäure 313
» 233. Ammoniumoxyd und Phosphorsäure 314
» 234. Ammoniumoxyd und Kieselsäure 314
» 235. Ammonium und Schwefel . 314

20. Calcium.

» 236. Kalkerde. — Calcium . . 315
» 237. Kalkerdehydrat 315
» 238. Kalkerde und Kohlensäure . 316
» 239. Das Brennen des Kalks . 318
» 240. Kalkerde und Salpetersäure 319
» 241. Kalkerde und Schwefelsäure 319
» 242. Kalkerde u. Phosphorsäure 320
» 243. Kalkerde und Kieselsäure . 321
» 244. Mörtel 322
» 245. Glas 323
» 246. Calcium und Schwefel . . 327
» 247. Calcium und Chlor . . 328
» 248. Verbreitung des Calciums 328

21. Strontium.

» 249. 329

Digitized by Google

Seite

22. Baryum.

§. 250. Schwerspath. — Schwefelsaure Baryterde 330
» 251. Kohlensaure Baryterde . . 330
» 252. Alkalische Erden . . . 331

23. Magnesium.

» 253. Talkerde 331
» 254. Talkerde und Kohlensäure . 332
» 255. Talkerde und Salpetersäure 333
» 256. Talkerde u. Schwefelsäure . 333
» 257. Talkerde u. Phosphorsäure 333
» 258. Talkerde u. Kieselsäure . 334
» 259. Chlormagnesium . . . 334
» 260. Magnesium 335

24. Aluminium.

» 261. Thon 335
» 262. Thonwaaren 336
» 263. Thonerde 339
» 264. Thonerdesalze 340
» 265. Thonerde u. Schwefelsäure 341
» 266. Chloraluminium. — Aluminium 342
» 267. Verbreitung d. Aluminiums 343

25. Beryllium. Zirkonium. Norium. Yttrium. Erbium. Terbium. Thorium.

§. 268. Die eigentlichen Erden . . 343
» 269. Vorkommen u. Verbreitung derselben 344
» 270. Leichte u. schwere Metalle . 344

26. Cerium. Lanthanium. Didymium.

§. 271. 344

27. Mangan.

§. 272. Manganmetall 345
» 273. Mangan und Sauerstoff . 345
» 274. Manganhyperoxyd . . . 346
» 275. Manganoxyd 346
» 276. Manganoxydoxydul . . . 346
» 277. Manganoxydul 347
» 278. Mangansäure 347
» 279. Uebermangansäure . . . 347
» 280. Mangan und Schwefel . 348
» 281. Mangan und Chlor . . 348
» 282. Verbreitung des Mangans 349

28. Eisen.

» 283. Eigenschaften des Eisens . 349
» 284. Vorkommen u. Verbreitung des Eisens 350
» 285. Roheisen 350
» 286. Stabeisen 354
» 287. Stahl 357

Seite

§. 288. Eisen und Sauerstoff . . 358
» 289. Eisenoxydul 358
» 290. Eisenoxyd 359
» 291. Eisenoxydoxydul . . . 359
» 292. Reduction der Eisenoxyde . 360
» 293. Eisensäure 360
» 294. Eisenoxyde und Kohlensäure 360
» 295. Eisenoxyde und Schwefelsäure 361
» 296. Eisenoxyde und Phosphorsäure 361
» 297. Eisenoxyde und Kieselsäure 362
» 298. Eisen und Schwefel . . . 362
» 299. Eisen und Chlor . . . 363

29. Kobalt.

» 300. Vorkommen, Darstellung u. Eigenschaften des Kobalts 364
» 301. Kobalt und Sauerstoff . . 364
» 302. Kobalt und Schwefel . . 365

30. Nickel.

» 303. Vorkommen, Darstellung u. Eigenschaften des Nickels . 365
» 304. Nickel und Sauerstoff . . 365
» 305. Nickel und Schwefel . . 366

31. Zink.

» 306. Vorkommen, Darstellung u. Eigenschaften des Zinks . 366
» 307. Zink und Sauerstoff . . 366
» 308. Zink und Schwefel . . . 367
» 309. Zink und Chlor 368

32. Kadmium.

» 310. 368

33. Uran.

» 311. 368

34. Wismuth.

» 312. Vorkommen, Eigenschaften und Darstellung des Wismuths 369
» 313. Wismuth und Sauerstoff . 369

35. Blei.

» 314. Vorkommen, Darstellung u. Eigenschaften des Bleis . 370
» 315. Blei und Sauerstoff . . 370
» 316. Bleioxyd 371
» 317. Bleihyperoxyd 372
» 318. Blei und Schwefel . . . 372

36. Kupfer.

» 319. Vorkommen, Darstellung und Eigenschaften des Kupfers 373
» 320. Legirungen des Kupfers . 374
» 321. Kupfer und Sauerstoff . . 374
» 322. Salze des Kupferoxydes . 375
» 323. Kupfer und Schwefel . . 375

Digitized by Google

Seite

37. Zinn.

§. 324. Vorkommen, Darstellung u. Eigenschaften des Zinns . 376
» 325. Zinn und Sauerstoff . . 376
» 326. Zinn und Schwefel . . 378
» 327. Zinn und Chlor 378

38. Arsenik.

» 328. Vorkommen, Darstellung und Eigenschaften des Arseniks 379
» 329. Arsenik und Sauerstoff . 379
» 330. Arsenige Säure 380
» 331. Arsenikſäure 381
» 332. Reduction des Arseniks . . 381
» 333. Arsenikwasserstoff . . . 382
» 334. Arsenik und Schwefel . . 383
» 335. Nachweisung des Arseniks bei Vergiftungen . . . 384
» 336. Arsenikmetalle 385

39. Antimon.

» 337. Vorkommen, Darstellung u. Eigenschaften des Antimons 385
» 338. Antimonlegirungen . . . 386
» 339. Antimon und Sauerstoff . 386
» 340. Antimonwasserstoffgas . . 387
» 341. Antimon und Schwefel . 387
» 342. Antimon und Chlor . . 388

40. Tellur.

» 343. 389

41. Chrom.

» 344. Vorkommen u. Eigenschaften des Chroms 389
» 345. Chrom und Sauerstoff . 389
» 346. Chromoxydsalze 390
» 347. Chromsaure Salze . . . 390
» 348. Andere Verbindungen des Chroms 391

42. Vanadin.

» 349 391

43. Molybdän.

» 350. 391

44. Wolfram.

» 351. 392

45. Tantal. Pelopium. Niobium.

» 352. 392

46. Titan.

» 353. 393

47. Queckſilber.

» 354. Vorkommen, Darstellung u. Eigenschaften d. Queckſilbers 393

Seite

§. 355. Amalgame 394
» 356. Queckſilber und Sauerstoff 394
» 357. Queckſilber und Schwefel . 395
» 358. Queckſilber und Chlor . . 396

48. Silber.

» 359. Vorkommen, Darstellung u. Eigenschaften des Silbers 396
» 360. Silberlegirungen . . . 398
» 361. Silber und Sauerstoff . . 399
» 362. Silber und Schwefel . . 399
» 363. Silber und Chlor . . . 400

49. Gold.

» 364. Vorkommen, Gewinnung u. Eigenschaften des Goldes . 400
» 365. Goldlegirungen 401
» 366. Gold und Chlor . . . 401
» 367. Gold und Sauerstoff . . 402
» 368. Gold und Schwefel . . . 403

50. Platin.

» 369. Vorkommen, Darstellung u. Eigenschaften des Platins 403
» 370. Platin und Chlor . . . 404
» 371. Platin und Sauerstoff . . 405
» 372 Platin und Schwefel . . 405

51. Palladium.

» 373. 406

52. Rhodium.

» 374. 406

53. Iridium, Ruthenium.

» 375. 406

54. Osmium.

» 376. 407

III. Die Gesetze der anorganisch-chemischen Verbindungen.

§. 377. Bestimmte Verbindungsverhältnisse der Elemente . . 408
» 378. Aequivalente Mengen der Elemente 410
» 379. Aequivalente Mengen der Verbindungen 414
» 380. Chemische Zeichen und Formeln 415
» 381. Aequivalentenzeichen und -Zahlen — Atome . . . 419
» 382. Formeln der wichtigsten anorganisch-chemischen Verbindungen 421
» 383. Gebrauch chemisch. Formeln 427

Digitized by Google

Seite

Dritter Abschnitt.

Analytische Chemie.

§. 384. 430

I. Qualitative Analyse anorganischer Stoffe.

1. Beschreibung des zu untersuchenden Stoffes.

§. 385. 432

2. Auflösung des zu untersuchenden Stoffes.

§. 386. Auflösungsmittel . . . 433
» 387. Auffchließungsmittel . . 435

3. Prüfung der Auflösung des zu untersuchenden Stoffes mit Reagentien.

§. 388. Wirkung der Reagentien . 437
» 389. Anwendung der Reagentien 440
» 390. Gewöhnliche Reagentien . 440
» 391. Untersuchung einfach Salze 446
» 392. Auffuchung mehrerer Basen neben einander 447
» 393. Auffuchung mehrerer Säuren neben einander . . . 450
» 394. Verfichtsmaßregeln bei der qualitativen Analyse . . 451

II. Quantitative Analyse.

§. 395. 452
» 396. Gang der Untersuchung im Allgemeinen 453
» 397. Gang der Untersuchung im Besonderen 457

Vierter Abschnitt.

Chemische Geräthe und Operationen.

§. 398. 459
» 399. Chemische Heizvorrichtungen 459
» 400. Destillir- und Gasentwickelungsgeräthe 460
» 401. Gefäße für chemischen Gebrauch 462
» 402. Trocknen und Wägen . . 463
» 403. Auflösen und Abdampfen . 464
» 404. Filtriren, Auswaschen . 464
» 405. Glühen 467

Seite

Fünfter Abschnitt.

Landwirthschaftliche Mineralogie.

I. Umfang und Werth der landwirthschaftlichen Mineralogie.

§. 406. 469
» 407. Chemische Zusammensetzung der Mineralien und Isomorphismus 469
» 408. Verwitterung der Mineralien 471

II. Die landwirthschaftlich wichtigen Mineralien.

1. Quarz.

§. 409. 473

2. Schwer zersetzbare Alkali-Thonerde-Silicate.

§. 410. Feldspathe 475
» 411. Orthoklas 475
» 412. Glasiger Feldspath . . . 476
» 413. Albit 476
» 414. Periklin 477
» 415. Oligoklas 477
» 416. Labrador 478
» 417. Verwitterung d. Feldspathe 478
» 418. Glimmer 479

3. Leicht zersetzbare Alkali-Thonerde-Silicate.

§. 419. 480
» 420. Mesotype 480
» 421. Nephelin 481
» 422. Leucit 481
» 423. Verwitterung der leicht zersetzbaren Alkali-Thonerde-Silicate 482

4. Alkalifreie Silicate der alkalischen Erden und der Thonerde.

§. 424. Talk 482
» 425. Staurolith 483
» 426. Schörl 483
» 427. Granat 483
» 428. Augit 484
» 429. Hornblende 485
» 430. Verwitterung von Augit u. Hornblende 486
» 431. Chlorit 487

Digitized by Google

		Seite
§. 432.	Serpentin	487
» 433.	Olivin	488
	5. Kohlensaure Salze.	
» 434.		488
» 435.	Kalkspath	489
» 436.	Arragonit — Dimorphismus	489
» 437.	Bitterspath	490
» 438.	Talkspath	490
» 439.	Ankerit. Mesitinspath, Braunspath	490
» 440.	Eisenspath	490
» 441.	Verwitterung der kohlensauren Salze	490
	6. Gips.	
» 442.		491
	7. Flußspath.	
§. 443.		491
	8. Steinsalz.	
» 444.		492
	9. Eisenerze.	
» 445.		492
» 446.	Rotheisenerz	492
» 447.	Brauneisenerze	493
» 448.	Magneteisenerz	494
» 449.	Blau- und Grüneisenerz	494
» 450.	Schwefelkies	494
» 451.	Wasserkies	495
» 452.	Magnetkies	495
» 453.	Schlußbemerkungen z. landwirthschaftlichen Mineralogie	495

Digitized by Google

Erster Abschnitt.

Physikalische Grundlagen.

I. Schwere.

1. Die Schwereerscheinungen im Allgemeinen.

Nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauche unterscheidet man die Körper §. 1.
in schwere und leichte. Schwer nennt man diejenigen Körper, welche wie Steine oder Metallstücke fallen, wenn man sie frei läßt, und das Bestreben zu fallen durch einen Druck auf ihre Unterlage, durch ihr Gewicht geltend machen. Als leicht bezeichnet man solche Körper, welche gar nicht fallen, wie Luftballons, oder nur sehr langsam, wie Flaumfedern, und welche gar keinen oder nur einen sehr schwachen Druck auf ihre Unterlage ausüben.

Dieser Unterschied rührt daher, daß sich die Erfahrungen im gewöhnlichen Leben nur auf den Fall beziehen, wo sich die Körper in der Luft der Atmosphäre befinden. Im luftleeren Raume, wie er unter dem Recipienten der Luftpumpe hergestellt werden kann (vergl. §. 43), fallen aber nicht allein alle Körper und haben ein Gewicht, sondern sie fallen auch alle gleich schnell. Die Schwere ist der Erfahrung gemäß eine allen Körpern gemeinschaftliche Eigenschaft.

Alle Körper haben das Bestreben, sich senkrecht abwärts zu bewegen, zu fallen, und geben dieses Bestreben, wenn ihre Bewegung verhindert ist, durch einen Druck kund, dessen Stärke mit ihrer Masse ab- und zunimmt, durch ihr Gewicht.

Freier Fall. Alle Körper fallen, wenn ihre Bewegung in keiner §. 2.
Weise gehindert ist, in der ersten Secunde bis zu einer Tiefe von 15,6 preußischen Fußen. In zwei Secunden erreichen sie eine Tiefe von $2 \cdot 2 \cdot 15',6 = 62',4$, in 3 Secunden eine Tiefe von $3 \cdot 3 \cdot 15,6 = 140',4$; überhaupt nimmt die Tiefe des Falles zu, wie seine Dauer mit sich selbst multiplicirt. Die Fallbewegung gewinnt danach eine um so größere Geschwindigkeit, je länger sie dauert.

Digitized by Google

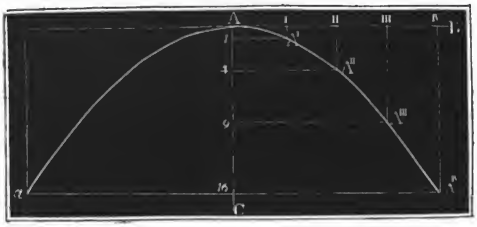
Das eben Angeführte gilt jedoch nur für den Fall im leeren Raume, in der Luft wird die Bewegung fallender Körper gehindert theils durch einen Gegendruck, den die Luft auf jeden in ihr befindlichen Körper ausübt (vergl. §. 21), theils durch einen Widerstand, den das Ausweichen der Luft neben dem bewegten Körper darbietet (vergl. §. 50). Alle Körper fallen deshalb in der Luft langsamer, als sie nach dem angegebenen Gesetze fallen sollten. Die Verzögerung beträgt aber für sehr dichte Körper viel weniger, als für minder dichte.

§. 3. **Wurfbewegung.** Die Bewegung eines *senkrecht aufwärts* geworfenen Körpers wird durch den Gegenzug der Schwere *verzögert*. Ein Körper steigt um so länger und erreicht eine um so bedeutendere Höhe, je mehr Geschwindigkeit man ihm gegeben hat, kehrt aber dann seine Bewegung um und beginnt zu fallen.

Die Bahn eines *horizontal* geworfenen Körpers ist *gekrümmt* und nähert sich mit der Zeit der senkrechten mehr und mehr.

Wäre nämlich der Körper nicht schwer, so würde er die horizontale Richtung *A B* (Fig. 1) beibehalten und in dieser Richtung nach Verlauf

Fig. 1.



gleicher Zeitabschnitte um gleichviel vorwärts kommen. Folgte der Körper allein dem Zuge der Schwere, so würde er in der senkrechten Richtung *A C* so fallen, daß die Fallräume zunähmen, wie die Fallzeiten mit sich selbst multiplicirt. Beide Bewegungsarten müssen sich aber im Körper vereinigen; während er horizontal bis *I, II, III* u. s. w. gekommen ist, muß er senkrecht bis 1, 4, 9 u. s. w. gelangt sein, d. h. er muß sich nach Verlauf des ersten, zweiten und dritten Zeitabschnittes horizontal um *A I, A II, A III*, senkrecht um *A* 1, *A* 4, *A* 9 von *A* entfernt haben, oder auf einer horizontalen Linie mit 1, 4, 9 u. s. w. und in einer senkrechten Linie mit *I, II, III* befinden. Die Orte des Körpers werden demnach nach einander sein *A, A I, A II, A III, A IV* u. s. w., und die (parabolisch) gekrümmte Linie *A A IV*, welche die zwischenliegenden Orte ergänzt, stellt die Bahn des Körpers vor. Wird ein Körper in

Digitized by Google

derselben Richtung und mit derselben Geschwindigkeit, welche der horizontal abgeworfene Körper in A^{IV} hat, von A^{IV} aus schräg aufwärts geworfen, so durchläuft er in umgekehrter Weise die Bahn $A^{IV}\,A$, hat in A nur noch eine horizontale Bewegung und kommt von da aus abwärts, indem er die Bahn Aa beschreibt.

Die eben entwickelten Gesetze gelten wieder nur abgesehen von jedem der Schwere fremdartigen Umstande; daher entspricht ihnen wegen des Luftwiderstandes die Bewegung geworfener Steine, der Geschützkugeln u. dergl. nur annäherungsweise; als Beispiel wollen wir die allgemeinen Regeln für das Schießen daraus ableiten.

Verließe die Kugel das Gewehrrohr in derselben Richtung, in welcher gezielt wird, so müßte sie stets unter das Ziel treffen, um so tiefer, je weiter das Ziel entfernt ist. Die Geschwindigkeit z. B., welche die Kugel beim Austreten aus dem Laufe einer guten Büchse durch eine starke Ladung erhält, ist etwa 1500′ für die Secunde. Die Kugel erreicht also ein 500′ weit entferntes Ziel in $\frac{1}{3}$ Secunde, hat sich aber dabei nach §. 2 um $\frac{1}{3}\,.\,\frac{1}{3}\,.\,15',6 = 1',7$ gesenkt. Alle Gewehre sind deshalb so eingerichtet, daß, wenn man horizontal zielt, die Axe des Rohres etwas nach aufwärts gerichtet ist, so daß die Kugel zuerst über die Visirlinie steigt, in der gewöhnlichen Schußweite wieder mit ihr zum Durchschnitte kommt und darüber hinaus unter sie sinkt. Mit den besten Gewehren kann man aber auch deshalb, bei geradem Visiren, das Ziel nur in der gewöhnlichen Schußweite genau treffen; in größerer Nähe muß man zu hoch, in größerer Ferne zu tief treffen. Ein geübter Schütze hilft sich bekanntlich dadurch, daß er entweder bei gewöhnlicher Ladung unter das Ziel visirt, wenn es innerhalb der gewöhnlichen Schußweite liegt, über dasselbe, wenn es außerhalb derselben liegt, oder daß er durch Veränderung der Pulverladung die Geschwindigkeit der Kugel für nahe Ziele vermindert, für entfernte vermehrt.

Gewicht und Maß. Das Gewicht, nach dem man die Masse der Körper beurtheilt, wird auf beliebig gewählte Einheiten zurückgeführt. Jedes wohlgeordnete Gewichtssystem steht jedoch, wie das Flächenmaß und Hohlmaß in irgend einer einfachen Beziehung zum Längenmaße. §. 4.

Die in diesem Buche vorkommenden Angaben beziehen sich, wo das Gegentheil nicht besonders erwähnt ist, auf preußisches Maß und Gewicht; dasselbe steht zu den französischen und englischen Maßen und Gewichten in folgendem Verhältnisse:

Digitized by Google

1. Längenmaße.

Der preußische Fuß stimmt mit dem rheinländischen oder brandenburgischen überein, er ist

= 0′,966 Pariser,
= 1,030 englisch,
= 0,314 Mètres,

so daß sich sehr nahe entsprechen

137′ preußisch und 43 Mètres,
34′ » » 35′ englisch.

Der preußische Fuß wird eingetheilt in 12 Zoll zu 12 Linien. 12 Fuß machen eine Ruthe.

Der Pariser oder altfranzösische Fuß wird eingetheilt wie der preußische; 6 Pariser Fuß machen eine Toise.

Der englische Zoll ist, wie der preußische und Pariser Zoll gleich $1/12$ Fuß; die englische Linie hingegen $1/10$ Zoll. 3 englische Fuß machen 1 Yard.

Der Mètre, die Einheit des neuen französischen Maßes, soll entsprechen dem vierzigmillionsten Theile des Erdumfanges; seine Eintheilung ist nach dem Decimalsysteme eingerichtet:

0,1	Mètre	heißt	1 Decimètre,
0,01	»	»	1 Centimètre,
0,001	»	»	1 Millimètre.
10	Mètres	machen	1 Dekamètre,
100	»	»	1 Hektomètre,
1000	»	»	1 Kilomètre.

2. Flächenmaße.

Der preußische Morgen faßt 180 □Ruthen, er ist

= 25,53 Ares,
= 0,63 Acres.

Der französische Are entspricht dem □Dekamètre; 100 Ares machen einen Hektare, gleich 3,916 preußischen Morgen.

Der englische Acre enthält 4840 □Yards.

Hiernach sind nahe genug

141 □Ruthen preußisch = 20 Ares,
81 Morgen preußisch = 53 Acres.

3. Hohlmaße.

Das preußische Quart faßt 64 Kubikzoll oder $1/27$ Kubikfuß, es ist

Digitized by Google

= 1,145 Litres,
= 0,252 englischen Imperial-Gallons.

Der französische Litre entspricht dem Kubikdecimeter.

Hiernach entsprechen sich

62 preußische Quart und 71 Litres,
123 » » » 31 Gallonen.

Der preußische Scheffel enthält $^{16}/_{9}$ Kubikfuß oder 3072 Kubikzoll, er ist

= 54,96 Litres,
= 0,189 Quarters;

so daß nahe übereinstimmen

131 preußische Scheffel mit 7200 Litres,
37 » » » 7 Quarters.

4. Gewichte.

Das preußische Pfund ist gleich dem sechsundsechzigsten Theile vom Gewichte eines Kubikfußes Wasser bei 15° des Reaumür'schen Thermometers, es ist

= 467,711 Grammes,
= 1,031 engl. Pfunden.

Das preußische Pfund wird eingetheilt in 32 Loth, 128 Quentchen, 7680 Gran; 110 Pfund machen einen Centner.

Der Gramme, die Einheit des neufranzösischen Gewichtes, entspricht dem Gewichte von einem Kubikcentimeter Wasser bei 3,5° des Reaumur'schen Thermometers.

0,1 Gramme heißt 1 Decigramme,
0,01 » » 1 Centigramme,
0,001 » » 1 Milligramme.
10 Gramme machen 1 Dekagramme,
100 » » 1 Hektogramme,
1000 » » 1 Kilogramme.

Der metrische Centner zu 100 Kilogrammen ist gleich 213,807 preußischen Pfunden.

Es vergleichen sich beinahe

62 preußische Pfunde mit 29 Kilogrammen,
197 » Gran » 12 Grammes,
63 » Pfunde » 65 englischen Pfunden.

Zur bequemeren Zurückführung der gebräuchlichsten unter den angeführten Maßen und Gewichten dienen folgende Tabellen:

Digitized by Google

Pariſer Linien =	preuß. Linien =	Millimetern.
1	1,035	2,256
2	2,070	4,512
3	3,105	6,767
4	4,140	9,023
5	5,175	11,279
6	6,210	13,535
7	7,245	15,791
8	8,280	18,046
9	9,315	20,302
10	10,350	22,558
11	11,385	24,814
12	12,420	27,070.

Meter =	preuß. Linien =	Pariſer Linien.
1	458,813	443,296
2	917,626	886,592
3	1376,439	1329,888
4	1835,252	1773,184
5	2294,065	2216,480
6	2752,878	2659,776
7	3211,691	3103,072
8	3670,504	3546,368
9	4129,317	3989,664
10	4588,130	4432,960.

Franzöſiſche Hektares =	preuß. Morgen.
1	3,92
2	7,83
3	11,75
4	15,66
5	19,58
6	23,50
7	27,41
8	31,33
9	35,25
10	39,16.

Engliſche Acres =	preußiſchen Morgen.
1	1,58
2	3,17

Digitized by Google

Englische Acres	= preußischen Morgen.
3	4,75
4	6,34
5	7,92
6	9,51
7	11,09
8	12,68
9	14,26
10	15,85.

Französische Kilogramme	= preuß. Pfunden.
1	2,138
2	4,276
3	6,414
4	8,552
5	10,690
6	12,828
7	14,966
8	17,104
9	19,243
10	21,380.

Dichte. Den Raum, welchen ein Körper einnimmt, nennt man sein §. 5.
Volumen, und das Verhältniß, in welchem das Volumen und Gewicht eines Körpers zu einander stehen, giebt seine Dichte an. Bei gleichem Volumen verhalten sich die Gewichte verschiedener Körper zu einander, wie ihre Dichten.

Ein Kubikfuß Wasser wiegt 66 Pfund, ein Kubikfuß Gußeisen etwas über 500 Pfund; das Eisen ist also 7,6mal so dicht als das Wasser, denn 7,6 . 66 = 501,6. Nimmt man, wie gewöhnlich (vergl. §. 30) die Dichte des Wassers gleich 1; so ist die des Gußeisens gleich 7,6.

Specifisches Gewicht. Häufig gebraucht man für Dichte auch den §. 6.
Ausdruck »specifisches Gewicht.« In der strengen und wahren Bedeutung versteht man jedoch unter dem specifischen Gewichte eines Körpers das Gewicht, welches er hat, wenn sein Volumen gleich ist der Volumeinheit. Zur besseren Unterscheidung wird dann das Gewicht eines Körpers schlechthin das absolute Gewicht genannt.

Danach ist das specifische Gewicht des Wassers gleich 66, wenn man vom Pfunde, als der Einheit des Gewichtes, vom Kubikfuße, als der Einheit des Volumens, ausgeht; denn ein Kubikfuß Wasser hat ein absolutes Gewicht von 66 Pfunden.

Digitized by Google

Um von der Dichte auf das specifische Gewicht zu kommen, braucht man nur das specifische Gewicht desjenigen Körpers zu kennen, dessen Dichte zur Einheit angenommen worden ist, indem man damit die Dichte anderer Körper zu multipliciren hat. Ist z. B. das Messing 8,4mal so dicht als Wasser, oder hat das Messing eine Dichte von 8,4, so wiegt ein Kubikfuß Messing $8{,}4 \cdot 66 = 554{,}4$ Pfunde, und die Zahl 554,4 entspricht dem specifischen Gewichte des Messings.

---

2. Unterschied der Aggregationsformen.

§. 7. Vergleicht man Körper mit einander wie Eisen, Wasser und Luft, so müssen gewisse Unterschiede ihres Verhaltens sogleich auffallen.

Ein dicker Eisenstab behält seine Form, auch wenn man ihn drückt oder zieht.

Wasser und Luft lassen sich in Gefäße von der verschiedensten Form bringen.

Hat man eine starke Glasflasche so mit Wasser gefüllt, daß sich unter dem Stöpsel keine Luft befindet, so kann man denselben nicht merklich tiefer eindrücken, ohne daß sich Wasser aus der Flasche drängt, oder ohne daß die Flasche zerspringt.

Luft hingegen kann man in einem festen, unten geschlossenen Rohre durch einen enganschließenden Stempel beliebig zusammendrücken; der Stempel geht in die Röhre ein, ohne daß neben ihm Luft entweichen müßte, er wird aber durch die zusammengedrückte Luft selbst wieder herausgetrieben, wenn man aufhört zu drücken, indem sich dieselbe auf ihr früheres Volumen wieder auszudehnen sucht.

Körper, wie Eisen, bezeichnet man als starre, wie Wasser, als tropfbar-flüssige, wie Luft, als elastisch-flüssige oder gasförmige. Die bezeichneten Unterschiede im äußern Verhalten der Körper heißen die Aggregationsformen.

Das Wesen der starren Aggregationsform besteht darin, daß die Theile der ihr angehörigen Körper wenig an einander verschoben werden können, daher ihre gegenseitige Lage unverändert beibehalten.

Die tropfbar-flüssige Aggregationsform bringt zwei Hauptmerkmale mit sich, nämlich Unzusammendrückbarkeit und leichte Beweglichkeit der einzelnen Theile an einander. Tropfbare Flüssigkeiten haben also die Eigenschaft mit starren Körpern gemein, daß der Raum, den sie einnehmen, durch Druck oder Zug nicht merklich verändert werden kann; sie

Digitized by Google

unterscheiden sich aber von starren Körpern dadurch, daß größeren Massen jede feste Form fehlt.

Die elastisch-flüssige Aggregationsform wird bedingt durch eine sehr leichte Beweglichkeit der Theile an einander und durch einen sehr hohen Grad von Zusammendrückbarkeit und Ausdehnsamkeit. Elastische Flüssigkeiten oder Gase füllen die Gefäße, in welche man sie bringt, bis auf die feinsten Fugen und Spalten aus. Eine und dieselbe Gewichtsmenge eines vollkommenen Gases, wie der atmosphärischen Luft, kann eben so wohl durch Vermehrung des Druckes auf einen kleineren, als durch Verminderung desselben auf einen größeren Raum gebracht werden.

So wenig sich tropfbare und elastische Flüssigkeiten auf den ersten Blick ähnlich sehen, so treten sie doch in einer Hauptsache unter denselben Gesichtspunkt. Bei der leichten Verschiebbarkeit ihrer Theile kann nämlich Ruhe in ihrem Innern nur dann stattfinden, wenn der Druck an irgend einer Stelle, oder der Antrieb zur Bewegung von allen Seiten her derselbe ist. Ein Druck, der von irgend einer Seite her auf eine Flüssigkeit ausgeübt wird, pflanzt sich deshalb nach allen Seiten hin in ihr fort, während er in starren Körpern fast ausschließlich nach seiner ursprünglichen Richtung wirksam bleibt. Schlägt man einen Stempel auf ein Metallstück, so beschränkt sich die Wirkung auf die Stelle unter dem Stempel. Füllt man aber eine Flasche mit Wasser und drückt den Stöpsel in den Hals ein, so hat jede Stelle der Flaschenwand denselben Druck auszuhalten, wie ihn der Stöpsel erleidet.

Die starre und tropfbar-flüssige Aggregationsform sind nicht immer ganz scharf von einander abgegrenzt, wenigstens findet zwischen starren Körpern und tropfbar-flüssigen ein Uebergang Statt, der in einer Vergleichung des vollkommen flüssigen Schwefeläthers mit dem schwerflüssigen fetten Oele, dem zähflüssigen Sirup, dem halbflüssigen Terpenthin und dem halbstarren Wachs klar hervortritt.

---

3. Die Schwereerscheinungen in ihrem Zusammenhange mit den Aggregationsformen.

§. 8. Die Schwere ist die Wirkung einer zwischen der ganzen Erdmasse und allen Körpern an ihrer Oberfläche thätigen Anziehungskraft, der Schwerkraft oder Gravitation, deren Wirksamkeit sich auch über die Erdatmosphäre hinaus erstreckt, und die Bewegungen im Sonnensysteme regelt. Die Wirkungen der Schwere zeigen sich zwar in anderer

Form bei starren, als bei flüssigen Körpern; aber diese Verschiedenartigkeit beruht durchaus nicht auf einer Verschiedenheit der wirkenden Ursache, sondern nur auf einer Verschiedenheit der Bedingungen, unter denen dieselbe Ursache zur Wirkung kommt.

§. 9. **Schwerpunkt.** Hängt man einen Stein an einem biegsamen Faden auf, so wird der Faden senkrecht gezogen, gerade so, als ob sich die Masse des Steines nur senkrecht unter dem Faden befände, oder auf die Linie concentrirt wäre, welche die senkrechte Richtung des Fadens durch den Stein verlängert. Verändert man den Anknüpfungspunkt des Fadens am Steine und verlängert jedesmal die Richtung des Fadens durch den Stein hindurch, so durchschneiden sich alle diese Verlängerungslinien in einem Punkte. Dieser Punkt heißt der Schwerpunkt. In ihm kann die ganze Masse des Steines und ihr Zug vereinigt gedacht werden, so daß der Stein nicht fällt, wenn nur die Bewegung seines Schwerpunktes verhindert ist, oder wenn sein Schwerpunkt die tiefste Stelle einnimmt, die er einzunehmen im Stande ist.

Die Lage des Schwerpunktes hängt ab von der Gestalt des Körpers, und von der Dichte seiner Theile. Von einem Schwerpunkte schlechthin kann deshalb blos dann die Rede sein, wenn die Gestalt eines Körpers und die Verbindung seiner Theile eine feste oder unveränderliche ist, also ganz allgemein nur bei starren Körpern.

Eine homogene Kugel ruht auf einer horizontalen Tafel in einer Lage so gut, wie in der anderen; ihr Schwerpunkt ist nämlich zugleich ihr Mittelpunkt, und dieser befindet sich in jeder Lage gleich hoch über der Tafel. Besteht aber die Kugel aus zwei Halbkugeln, der einen von Holz, der andern von Eisen, so ruht sie nur dann, wenn die eiserne Hälfte zu unterst ist; denn Eisen ist dichter als Holz, d. h. es enthält bei gleichem Volumen mehr Masse, der Schwerpunkt der Kugel liegt deshalb in der eisernen Hälfte, und kann nur dann seine tiefste Stelle einnehmen, wenn diese Hälfte unten ist.

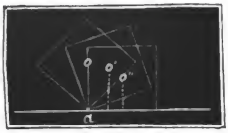
Fig. 2.

Bei einem homogenen Würfel (Fig. 3) liegt der Schwerpunkt im Durchschnitte O der von einer Ecke zur gegenüberliegenden gezogenen Verbindungslinien. Hängt man den Würfel in a auf, so stellt sich die Linie $a\,o$ senkrecht.

Wird ein Würfel auf die Kante a, Fig. 3, gestellt, so ist sein Schwerpunkt in o senkrecht unterstützt, bei der geringsten Verrückung verliert er

Digitized by Google

Fig 3.

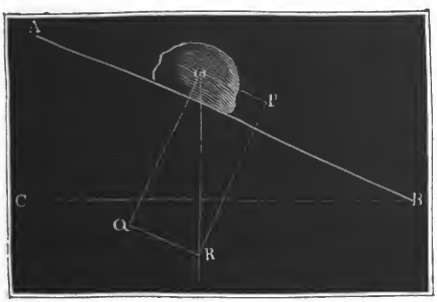


jedoch, wie in o' diese Unterstützung und sinkt bis zur Lage o''. In der ersten Lage kann der Würfel nur durch die Kunst des Balancirens erhalten werden, in der letzten ruht er sicher. Man sieht hieraus, daß ein Körper, dessen Schwerpunkt senkrecht unterstützt ist, bloß dann mit Sicherheit ruht, wenn der Schwerpunkt bei geringen Schwankungen gehoben, aber nicht gesenkt wird.

Geneigte Ebene. Legt man einen schweren Körper auf eine ebene, §. 10
aber geneigte Unterlage, so gleitet er abwärts, und zwar um so rascher, je größer die Neigung der Unterlage ist; er erlangt aber, auch abgesehen von allem Anhaftungs- und Reibungswiderstande (s. §. 47 und §. 50), in derselben Zeit nie dieselbe, sondern eine geringere Geschwindigkeit, als beim freien Falle. Der Zug, der einen Körper zum Abgleiten von einer schrägen Fläche veranlaßt, ist geringer, als der volle Zug der Schwere. Deshalb ist auch eine Last viel schwerer senkrecht aufzuheben, als an einer schrägen Fläche hinaufzuziehen. Ein Körper, der auf einer schrägen Unterlage festgehalten wird, drückt stets auf dieselbe, sein Druck ist um so stärker, je geringer die Neigung der Unterlage ist, aber immer noch schwächer, als sein Gewicht.

Stellt AB, Fig. 4, die geneigte Unterlage vor, und ist in O der Schwerpunkt des darauf gelegten Körpers; so kann derselbe allerdings dem vollen Zuge der Schwere senkrecht nach OR wegen des Widerstandes der Unterlage nicht folgen, er kann aber auch nicht mit seinem vollen Gewichte auf die Unterlage drücken, da diese seiner Bewegung nicht senkrecht entgegensteht. Die Anziehung der Schwere vertheilt sich vielmehr zugleich auf einen Druck gegen die geneigte Unterlage nach

Fig. 4.



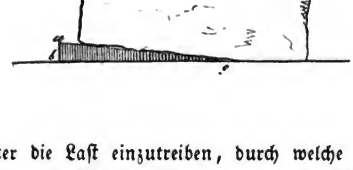
Digitized by Google

OQ und auf einen Zug an ihr abwärts nach OP. Das Verhältniß dieser zwei Theile, in welche die Anziehung der Schwere zerfällt, zu einander und zu dem vollen Zug oder Schwere wird durch die Länge der Seiten und der Diagonallinie im Rechteck $OPRQ$ anschaulich gemacht. Die Geschwindigkeit des freien Falles verhält sich nämlich zu der Geschwindigkeit des Abgleitens längs AB, wie die Länge der Diagonallinie OR zur Länge der Seite OP, und das Gewicht eines Körpers verhält sich zu seinem Drucke gegen die Unterlage AB, wie sich die Länge der Diagonallinie OR verhält zur Länge der Seite OQ. Man ersieht nun leicht aus der Zeichnung, daß der eine dieser Theile nur auf Kosten des andern zunehmen kann. Der Unterschied zwischen OR und OQ, d. h. zwischen dem Gewichte und dem Drucke auf die eine schräge Unterlage wird um so geringer, je geringer die Neigung der schrägen Unterlage, oder je kleiner der Winkel ABC ist; dagegen nähert sich OP um so mehr an OR an, d. h. die Geschwindigkeit des Abgleitens nähert sich um so mehr derjenigen des freien Falles, je mehr der Neigungswinkel der Unterlage zu einem rechten Winkel anwächst.

§ 11. **Keil.** Aus den im vorigen §. besprochenen Verhältnissen erklärt sich die Wirkung des Keils, der im gemeinen Leben, wie in der höhern Technik, unter den mannigfaltigsten Formen angewendet wird.

In der einfachsten Form wird der Keil zum Emporheben großer Lasten gebraucht. Er stellt dann eine geneigte Ebene abc, Fig. 5, vor, an welcher nicht eine Last aufwärts gezogen, sondern welche selbst unter eine Last eingeschoben wird. Dabei reicht offenbar dieselbe Kraft, als Druck auf den Rücken des Keils ausgeübt, hin, den Keil unter die Last einzutreiben, durch welche als Zug in entgegengesetzter Richtung dieselbe Last an der geneigten Fläche des Keils am Abgleiten verhindert und emporgezogen werden könnte. Gemäß dem vorigen §. wird man also Lasten mit Hülfe des Keils, wenn auch langsam, überwältigen können, an deren directer Hebung man verzweifeln müßte, und ein Keil wird um so leichter eindringen müssen, je kleiner der Neigungswinkel seiner Seiten, je kleiner der Winkel acb ist.

Fig. 5.



Genau genommen, steht der Druck, durch welchen der Keil in der Richtung ab eben vorwärts gebracht wird, zum Gewichte der darauf gelegten Last im Verhältnisse der Linien ab und bc.

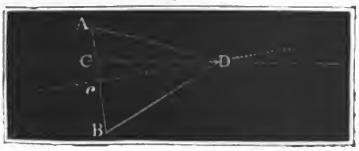
Digitized by Google

Gewöhnlich steht aber nicht der Druck von Gewichten dem Eindringen des Keils entgegen, sondern der Zusammenhalt der Theile eines Körpers. Die untere Keilfläche schiebt sich dann nicht, wie im eben betrachteten Falle, an einer horizontalen Unterlage hin, sondern der Keil muß, wie in Fig. 6, die Spalte, durch die er eindringt, selbst schaffen.

Fig. 6.

Für die Beurtheilung dieser Wirkungsweise des Keils braucht man sich blos zwei Keile der vorigen Art mit ihren horizontalen Seiten CD, Fig. 7, an einander gelegt, zu denken, die zugleich eindringen. Beim Eindringen in der Richtung CD hat aber jede Keilfläche einen andern Widerstand zu überwinden; die Keilfläche AD einen solchen, wie ihn der Keil ACD finden würde, wenn er längs der Fläche CD eingeschoben würde, die Keilfläche BD denselben, wie er dem Einschieben des Keils BCD längs der Fläche CD entgegenstehen würde. Der erste Widerstand ist aber kleiner, als der zweite, weil der Winkel ADC kleiner ist, als der Winkel BDC. Der stärkere Widerstand gegen BD drückt den Keil nach AD hin und sucht ihn beim Eindringen so lange zu drehen, bis seine beiden Seiten einen gleichen Widerstand erleiden, d. h. bis die Richtung des Eindringens den Neigungswinkel der beiden Keilflächen, den Winkel ADB halbirt. Kann sich aber der Keil nicht drehen, so strebt er aus der Richtung CD in eine solche Richtung auszuweichen, bei der seine beiden Flächen einen gleichen Widerstand finden, d. i. in die Richtung der Halbirungslinie seiner Schärfe cD.

Fig. 7.



Schneidende Werkzeuge. Pflug. Das Messer und überhaupt §. 12.
alle schneidenden Werkzeuge wirken als Keile. Ein Messer dringt um so leichter ein, je spitzer der Winkel ist, unter welchem seine Flächen in der Schneide zusammenstoßen. Um einen glatten und ebenen Schnitt zu machen, muß man das Messer gerade führen; ein schief gehaltenes Messer weicht nach der Seite aus, nach welcher die Schneide weist. Aber auch das wichtigste Werkzeug der Landwirthschaft, der Pflug, ist eine Keilvorrichtung.

Die Arbeit, welche der Pflug verrichten soll, besteht in einer Auflockerung und Wendung der Ackerkrume. Durch das Pflügen soll die ganze Ackerkrume bis auf eine Tiefe von 3 — 9″ für die atmosphärische Luft

Digitized by Google

zugänglich gemacht und zugleich andere Theile derselben an die Oberfläche gebracht werden.

Dieser Zweck wird so erreicht, daß die Oberfläche eines Feldstückes streifenweise losgeschält und die losgeschälten Streifen umgekehrt werden.

Stellt $ABCD$, Fig. 8, den Querschnitt eines Erdstreifens vor, so wird dieser zuerst um die Ecke D gedreht und aufgerichtet, so daß er die Stellung $DEFG$ erhält, dann um die Ecke G in die Lage $GLMN$ übergestürzt. Die einzelnen Erdstreifen, die Furchen, liegen nach dem

Fig. 8.

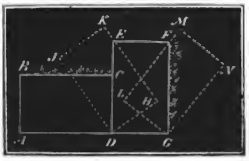
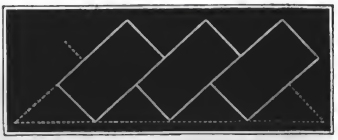


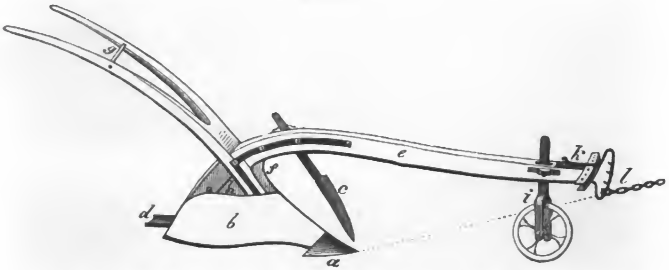
Fig. 9.



Ueberstürzen in der Weise auf einander, wie es Fig. 9 zeigt. Ein gut gebauter Pflug muß diese Arbeit so genau ausführen, daß die Furchen des geackerten Feldes parallele Kämme bilden.

Wie mannigfaltige Formen die Pflüge darbieten, immer wiederholen sich, wenigstens bei den besser eingerichteten, gewisse Theile, welche an der

Fig. 10.



in Fig. 10 gegebenen Zeichnung des Ransome'schen Pfluges deutlich hervortreten.

An einem hölzernen oder eisernen Balken, dem Grindel oder Pflugbaum e ist eine eiserne Schneide c, das Messer, Kolter oder Sech befestigt. Dahinter geht die Griessäule f abwärts und verbindet den eigentlichen Pflugkörper mit dem Grindel. Auf der linken Seite befindet sich unten an der Griessäule die horizontale, stets mit Eisen ver-

Digitized by Google

sehene, Sohle *d*, an deren vorderem Theile das Schaar oder Pflugeisen *a* befestigt ist. Auf der linken Seite ist die Fläche zwischen Sohle, Griessäule und Grindel gewöhnlich durch das Molterbrett *h* geschlossen. Auf der rechten Seite schließt sich das Streichbrett *b* unmittelbar an das Schaar an. Zwei Handhaben *g*, die Sterzen, gehen vom Pflugkörper ab, von denen die linke zugleich am Grindel und an der Sohle befestigt ist, die rechte am Streichbrette.

Das Messer soll die Furche senkrecht abschneiden. Es ist schräg nach vorn gerichtet; seine linke Fläche liegt in der Richtung, in welcher der Pflug vorwärts geht.

Das Schaar soll die Furche horizontal vom Boden abschneiden. Seine gewöhnlichen Formen sind folgende. Im Ganzen bildet es von oben betrachtet ein rechtwinkeliges Dreieck, dessen längste Seite nach rechts liegt. Von der Spitze läuft es gegen die Griessäule in einer scharfen Kante aufwärts; indem es nach der linken Seite senkrecht umgebogen, nach der rechten Seite flach abwärts gewölbt ist. Die linke Seite des Schaars schneidet in der Ebene des Molterbrettes und Messers ab, oder weicht mit der Spitze etwas nach links ab. Unten ist das Schaar horizontal abgeschnitten; seine Kanten liegen mit der Sohle in einer Ebene.

Messer und Schaar werden aus verstähltem Eisen verfertigt. Durch sie allein wird die Furche abgeschält. Beide wirken als scharfe Keile. Die Schneide des Messers weist schräg abwärts und nach der linken Seite auswärts; diejenige des Schaars nach der rechten Seite schräg abwärts. Nach dem, was zu Ende des vorigen §. über die Richtung angegeben worden ist, in welcher ein schräg eingesetzter Keil eindringt, würde der horizontal fortgezogene Grindel, mit dem Messer allein versehen, nach links und abwärts aus der Richtung des Zuges herausgedrängt werden, und mit dem Schaar für sich würde er so vorwärts kommen, daß sein vorderes Ende zugleich sich senkrecht abwärts böge und seitlich nach rechts umlegte. Messer und Schaar zugleich wirkend, suchen den Körper des Pfluges um die linke Kante der Sohle nach entgegengesetzten Seiten zu drehen. Indem sich bei einem richtig gebauten Pfluge diese Drehungen gerade aufheben, bleibt derselbe unverrückt, so daß die Furchenseite senkrecht abgeschnitten wird. Bei alledem würde der Pflug immer tiefer in den Boden eindringen, wenn der Grindel horizontal fortgezogen würde. Da aber der Zug stets schräg aufwärts stattfindet, und dieser für sich den Pflug aus dem Boden herauszuheben sucht, so muß der Pflug selbst das Streben nach abwärts haben, um sich unverändert auf einer gewissen Furchentiefe im Boden zu erhalten. Indem man durch eine Verrückung der Zugkette bei *l*, Fig. 10, die Richtung des Zuges verändern kann, ist

Digitized by Google

die Möglichkeit gegeben, mit einem Pfluge sowohl flache, als auch tiefe Furchen zu ziehen.

Von dem Schaar nimmt das Streichbrett den abgeschälten Erdstreifen auf, hebt, wendet ihn und lockert ihn währenddem zugleich auf. Eine vollkommene Wendung kann nur mit Hülfe eines geschwungenen, unmittelbar und gleichmäßig an das Schaar angesetzten Streichbrettes erreicht werden. Gerade und eckig an das Schaar angesetzte Streichbretter zerbröckeln die Erde zwar und schieben sie zur Seite, aber sie wenden sie nicht, wenigstens nicht vollständig. Der Erdstreifen muß ganz erhalten werden, bis er durch das Streichbrett übergestürzt wird. Von der Fläche, welche Schaar und Streichbrett dann bilden müssen, giebt Fig. 11 eine Vorstellung. LE ist die Kante, welche von der Spitze des Schaars zur Griesfäule hinausläuft. Von E hebt sich die Fläche in doppelter Weise sowohl gegen L hin, als auch gegen D hin, so daß die Linie BD in der Fläche bereits senkrecht ist, das Stück jenseit BD aber nach außen überhängt. Als Keil, d. h. hebend, wirkt nur der Theil der Fläche zwischen LE und BD; das Stück der Fläche BDH wirft den aufgerichteten Erdstreifen um. Fig. 12 veranschaulicht diesen Vorgang. Streichbretter, die in der beschriebenen Weise geschwungen sind, lassen sich nicht gut anders, als aus Eisen anfertigen, welches auch deswegen den Vorzug verdient, weil es sich bei seiner Glätte mit geringer Reibung unter der Erde fortschiebt. Die Sohle dient als Führung für den Pflugkörper; eine zu große Länge ist wegen der Reibung zu vermeiden.

Fig. 11.

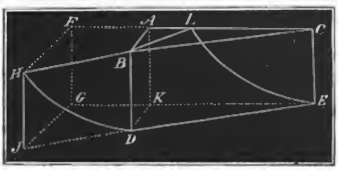
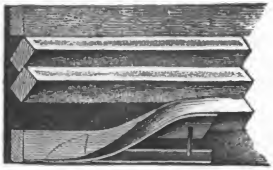


Fig. 12.



Das Molterbrett bewegt sich an dem vom Messer bewirkten Schnitte zwar nicht ohne Reibungswiderstand, bringt aber den großen Vortheil, daß es die Furche rein hält.

Mittelst der Sterzen regiert der Arbeiter den Pflug, wenn seiner Bewegung, wie das natürlich häufig vorkommt, in einem steinigen und unebenen Boden ungewöhnliche Hindernisse entgegentreten.

Noch unterscheiden sich die Pflüge in solche mit und ohne Vordergestell. Bei den ersten greift der Zug am Kopfe des frei schwebenden

Digitized by Google

Grindels an. Dies sind die Schwingpflüge, unter denen der sogenannte schottische am weitesten verbreitet ist. Fig. 13 zeigt denselben von der linken Seite, Fig. 14 von der rechten, Fig. 15 von oben.

Fig. 13.

Fig. 14.

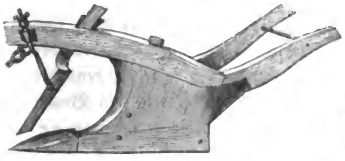


Fig. 15.

Er ist außer durch seine Einfachheit und Festigkeit auch durch die Form seines Streichbrettes ausgezeichnet, welche den oben gestellten Forderungen sehr vollkommen entspricht. Daß aber ein Pflug ohne Unterstützung des Grindels in einem auch nur mäßig ebenen und gleichförmigen Boden gehen kann, entspricht eben so sehr den obigen Betrachtungen, als es sich in der Praxis bestätigt. Häufig ist daher das Vordergestell eine überflüssige Zugabe, durch welche das Gewicht des Pfluges und der Reibungswiderstand vermehrt werden.

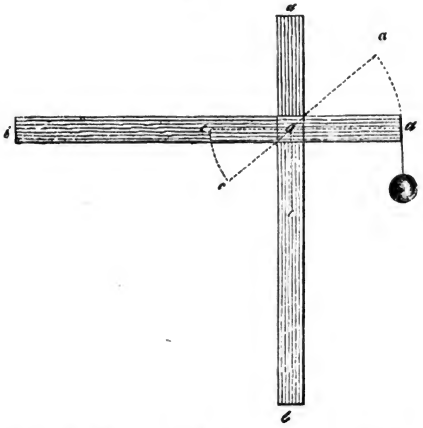
Das einfachste Vordergestell ist eine Stelze, die entweder mit umgebogenem Ende über den Boden streift, oder, wie in Fig. 10, mit einem Rade i versehen ist. Gewöhnlich besteht das Vordergestell aus einer Achse mit zwei Rädern, von denen das eine größere in der Furche, das andere kleinere auf dem Lande läuft. Der Zug greift dann an der Achse an, auf welcher der Grindel ruht. Bei abhängigem, überhaupt sehr unebenem Boden sind Vordergestelle zweckmäßig, ja nothwendig; sie erleichtern sowohl die Führung, als auch den Zug.

Hebel. Der gewöhnliche Hebel ist eine so einfache Vorrichtung, daß § 13.
er keine weitere Beschreibung und kaum einer Erklärung bedarf. Wir müssen jedoch etwas weiter ausholen, da wir die Lehre vom Hebel einer späteren wichtigen Betrachtung zu Grunde zu legen haben. Eine feste Stange, welche um einen Punkt oder um eine Axe drehbar ist, heißt ein

Digitized by Google

Hebel. Eine solche Stange *a b* (Fig. 17) wird für sich in der Stellung ruhen, bei welcher sich ihr Schwerpunkt *c* senkrecht unter dem Drehungspunkte *o* befindet (vergl. §. 9). Soll also der Hebel horizontal gestellt werden, so muß man zwischen *o* und *a* ein Gewicht anhängen, dessen Zug eine gleich starke Drehung des Hebels nach der einen Seite erzeugt, wie das Gewicht der Hebelstange, im Schwerpunkte *c* vereinigt, nach der entgegengesetzten Seite. Die Stärke des Zuges, den ein Körper ausübt, hängt aber ab nicht allein von seinem Gewichte, sondern auch von der Geschwindigkeit, welche er bei der Bewegung erhält; sie nimmt zu bei gleichem Gewichte wie die Geschwindigkeit, bei gleicher Geschwindigkeit wie das Gewicht. *Im Allgemeinen wird die Stärke eines Zuges gemessen durch das Product, welches die Multiplication des Gewichtes mit der Geschwindigkeit ergiebt.* Ist nun in *a* ein Gewicht angehängt, und liegen der Einfachheit wegen *a*, *o* und *c* in einer geraden Linie, so beschreibt bei einer Drehung des Hebels der Punkt *a* und das daran gehängte Gewicht den Bogen *a a*, während der Punkt *c* mit dem darauf concentrirten Gewichte des Hebels den Bogen *c c* beschreibt. In Fig. 17 ist der Bogen *a a* größer, als der Bogen *c c*.

Fig. 17.



Das in *a* angehängte Gewicht muß sich also auch schneller bewegen, als das in *c* wirkende; denn die Geschwindigkeiten zweier Bewegungen verhalten sich zu einander, wie die in gleicher Zeit zurückgelegten Wege, d. h. im vorliegenden Fall wie die Bogen *a a* und *c c*, oder, was dasselbe ist, wie die zu den Bogen gehörigen Halbmesser *o a* und *o c*. Jetzt ist das

Digitized by Google

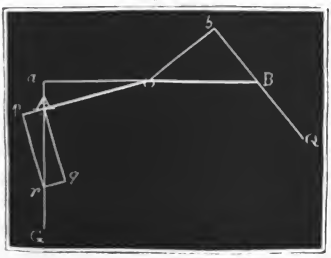
Verhältniß der Geschwindigkeiten, womit die am Hebel ziehenden Gewichte in Bewegung kommen, in den Linien oa und oc, d. h. in den Abständen der Angriffspunkte vom Drehungspunkte gegeben. Für ein Gewicht nimmt demnach die Größe des Zuges am Hebel mit dem Abstande seines Angriffspunktes vom Drehungspunkte zu. Multiplicirt man oa mit dem an a angehängten Gewichte, oc mit dem Gewichte des Hebels, so erhält man in den Producten das Verhältniß der Zugstärken für die Drehung des Hebels nach der einen und nach der anderen Seite. Sind diese Producte einander gleich, so heben sich die Drehungen gegenseitig auf, der Hebel ruht, oder steht im Gleichgewichte. Sei z. B. $oc = 3$ Zoll, $oa = 4$ Zoll, das Gewicht des Hebels $= 1$ Pfund, so muß an a $^3/_4$ Pfund angehängt werden, um das Gleichgewicht herzustellen, indem $1 . 3$ gleich ist $4 . ^3/_4$. Zieht auch in b, Fig. 18, ein Gewicht, so wirkt es mit dem Gewichte des

Fig 18.

Hebels in einem Sinne; für das Gleichgewicht muß oa mit dem in a angehängten Gewichte multiplicirt gleich sein dem Gewichte des Hebels multiplicirt mit oc mehr dem in b angehängten Gewichte, multiplicirt mit ob. Wenn also $ob = 9$ Zoll ist, oa, oc und das Gewicht des Hebels dieselbe Größe haben, wie im vorigen Beispiele und an b 5 Pfund angehängt werden, so wird das Gleichgewicht hergestellt, wenn man in a 12 Pfund ziehen läßt; denn $5 . 9 + 1 . 3 = 4 . 12$.

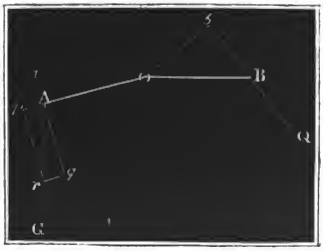
Der eben betrachtete Fall ist allerdings der einfachste, der beim Hebel vorkommt. Indessen lassen sich die Regeln für das Gleichgewicht auch dann noch leicht übersehen, wenn die Aufhängungspunkte und der Schwerpunkt nicht in einer Linie liegen und wenn die Züge nicht senkrecht stattfinden. Sei O, Fig. 19, der Drehungspunkt, A und B die Angriffspunkte an einem Hebel, finde in A der senkrechte Zug G Statt, in B der schräge Zug Q, so fordert das Gleichgewicht, wenn das Gewicht

Fig. 19.



Digitized by Google

Fig. 20.



des Hebels selbst der Einfachheit wegen vernachlässigt wird, nicht $G.AO = QBO$, sondern $G.aO = Q.bO$. Ein Gewicht G dreht nämlich den Hebel gleich stark, man mag es in A anhängen, oder so auf AO legen, daß sein Schwerpunkt senkrecht über A zu liegen kommt. Dann aber drückt es nicht mit seiner vollen Stärke auf die schräge Unterlage AO, vielmehr verhält sich der Druck senkrecht gegen AO, der allein eine Drehung des Hebels bewirken kann, zum vollen Drucke des Gewichtes wie Ar zu Aq oder auch wie AO zu Ao. (Vergl. §. 10.) Und danach erhält man die Stärke der von G ausgehenden Drehung in dem Producte $G.aO$; in ähnlicher Weise wird für die Stärke der vom schrägziehenden Gewichte A ausgeübten Drehung als Ausdruck gefunden $Q.bO$; und es findet keine Drehung des Hebels statt, wenn $G.aO$ gleich ist $Q.bO$

Die allgemeine Bedingung für das Gleichgewicht am Hebel läßt sich demnach in folgende Worte fassen: multiplicirt man die ziehenden Gewichte mit dem senkrechten Abstand ihrer Zugrichtungen vom Drehungspunkte, so muß die Summe dieser Producte für die Drehung nach entgegengesetzten Seiten gleich sein.

Die Anwendungen des Hebels sind außerordentlich mannigfaltig, die Beurtheilung derselben kann aber nach der angeführten Regel keine Schwierigkeiten darbieten. Als Beispiele mögen hier die Schnellwage und die Haspel eine Stelle finden.

§ 14. **Schnellwage.** Die Schnellwage oder römische Waage (Fig. 21) ist ein Hebel, der in a seinen Drehungspunkt hat; am Ende seines kürzeren Armes r befindet sich eine Wagschale, am längeren Arme hängt ein verschiebbares Laufgewicht p. Das Gewicht der Hebelstange ist durch die an r angehängte Schale in's Gleichgewicht gesetzt, so daß Wagbalken und Schale für sich bei abgenommenem Laufgewichte horizontal stehen. Legt man eine Last in die Schale und verschiebt das Laufgewicht so lange, bis das Gleichgewicht hergestellt ist, so verhält sich das Gewicht der Last zum Laufgewichte wie die Entfernung des Laufgewichtes vom

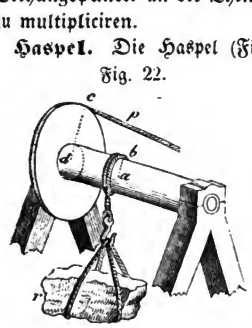
Fig. 21.

Digitized by Google

Drehungspunkte zum Abstande $a\,r$. Wäre z. B. $a\,r$ gleich 4 Zoll, und fände das Gleichgewicht statt, wenn ein Laufgewicht von einem Pfunde 16 Zoll weit von a gerückt ist, so hätte die auf die Schale gelegte Last ein Gewicht von $^{16}/_{4}$, das ist von 4 Pfunden. Der Bequemlichkeit wegen ist der Arm, an dem das Laufgewicht sich befindet, der Länge nach eingetheilt und der Abstand der Schale $a\,r$ als Einheit dieser Theilung genommen. Um das Gewicht einer Last zu bestimmen, braucht man daher nur nach hergestelltem Gleichgewichte den Abstand des Laufgewichtes vom Drehungspunkte an der Theilung abzulesen, und damit das Laufgewicht zu multipliciren.

Haspel. Die Haspel (Fig. 22) besteht aus der Verbindung einer §. 15.

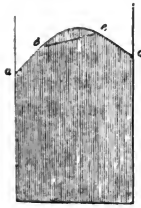
Fig. 22.



cylindrischen Welle mit einer kreisrunden Scheibe, auf deren Umfänge Seile geschlungen sind. Am Seile p wird gezogen, und dadurch eine Last an der Welle aufgewunden. Das Gewicht der Haspel kommt nicht in Frage, da der Schwerpunkt in der Drehungsaxe liegt. Der senkrechte Abstand der Züge vom Drehungspunkte ist durch die Halbmesser $a\,b$ und $c\,d$ gegeben. Ist $c\,d$ viermal so groß, als $a\,b$, so übt der einfache Zug an der Scheibe eine gleich starke Drehung aus, wie der vierfache an der Welle, so daß mit dem einfachen Gewichte als Zug, das vierfache Gewicht als Last gefördert werden kann.

Horizontalität der freien Oberfläche einer Flüssigkeit. Die §. 16. freie Oberfläche des Wassers und Quecksilbers bietet in der Ruhe mit Ausnahme eines schmalen Streifens am Rande die vollkommenste Horizontalebene dar, die man herzustellen im Stande ist. Dies ist eine Wirkung der Schwere, die sich auch auf alle anderen Flüssigkeiten, sowohl tropfbare, als auch elastische erstreckt. Hat nämlich die Oberfläche einer Flüssigkeit auf irgend eine Weise die gekrümmte Form $a\,b\,c\,d$ (Fig. 23)

Fig. 23.



erhalten, so kann die Flüssigkeitsmasse über $b\,e$ nicht ruhen, sondern wird durch ihre Schwere längs der Ebene $b\,e$ abwärts gezogen (vergl. §. 10), und dieses Abgleiten von Flüssigkeitsmassen an der Oberfläche wird so lange fortdauern, bis sie alle ihre tiefste Stellung eingenommen haben. Die Ruhe kann auf der Oberfläche erst dann eintreten, wenn dieselbe wagerecht geworden ist.

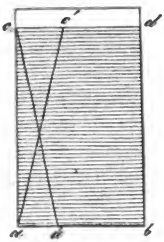
Daß sich die Oberfläche des Wassers am Rande

Digitized by Google

des Gefäßes nach aufwärts krümmt, diejenige des Queckſilbers nach abwärts, iſt eine Wirkung der Adhäſion (vergl. §. 47 u. §. 48).

§. 17. **Bodendruck einer Flüſſigkeit.** Gießt man Waſſer in ein Gefäß mit ſenkrechten Wänden und wagerechtem Boden, ſo hat dieſer letzte ab (Fig. 24) den vollen Druck des Gewichtes der Waſſerfüllung auszuhalten.

Fig. 24.



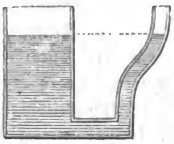
Dieſer Druck iſt gleichmäßig über den Boden vertheilt; jedes Stück hat einen ſeiner Oberfläche verhältnißmäßigen Theil davon zu tragen. Setzt man in das Gefäß die feſte Wand ac', ſo bleibt der Druck auf den Boden unverändert; denn die Feſtigkeit der Wand erſetzt den Druck, den die Flüſſigkeitsmaſſe acc' ausübte, und dem ein gleicher Gegendruck von Seiten der Flüſſigkeitsmaſſe $abdc'$ entgegenwirkt. Eben ſo wenig kann nach dem Einſetzen einer Wand $a'c$ die Stärke des Druckes, den jedes Stück des Bodens für ſich auszuhalten hat, vermehrt ſein, da dieſe jetzt der Flüſſigkeitsmaſſe $a'bdc$ durch ihre Feſtigkeit eben ſo entgegenwirkt, wie früher die Flüſſigkeitsmaſſe $aa'c$ durch ihren Druck.

Daraus ergiebt ſich die allgemeine Regel, daß der Druck, den eine Flüſſigkeit auf einen horizontalen Boden ausübt, gemeſſen wird durch das Gewicht einer Flüſſigkeitsſäule, deren Grundfläche gleich iſt der Fläche des Bodens, und deren Höhe entſpricht der Tiefe des Bodens unter der freien Oberfläche der Flüſſigkeit.

Auf den Boden eines Gefäßes, welches ſich nach oben verengt, drückt eine Flüſſigkeit ſtärker, als ihr Gewicht.

§. 18. **Stand einer Flüſſigkeit in communicirenden Gefäßen.** Verbindet man Gefäße am Boden mit einander durch Querröhren und füllt ſie mit Waſſer oder mit einer anderen Flüſſigkeit, ſo ſteigt dieſes in allen verbundenen Gefäßen gleich hoch, auch wenn dieſelben ungleich weit ſind, wie in Fig. 25 oder ungleich geformt wie in Fig. 26. Auch dies iſt eine Wirkung der Schwere, die allerdings dann durch Adhäſionserſcheinungen ſehr bemerklich geſtört wird, wenn man Gefäße von ſehr geringer Weite zum Verſuche wählt (vergl §. 48).

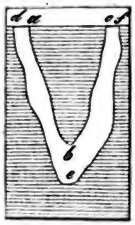
Fig. 25. Fig. 26.



Denkt man ſich nämlich in einer zuſammenhängenden ruhenden Flüſſigkeitsmaſſe einen Theil oberhalb der Linie abc (Fig. 27), und unter-

Digitized by Google

Fig. 27.



halb der Linie def, durch feste Wände ersetzt, so kann dadurch für den Rest der Flüssigkeit das Verhältniß der Oberfläche nicht verändert werden. Die Flüssigkeit, welche den Kanal $abcdef$ füllt, bleibt an beiden Enden auf demselben Stande, wie er der ganzen Flüssigkeit gehörte, d. h. in einer waagerechten Ebene; denn die Festigkeit der eingesetzten Wände übt dieselbe Wirkung aus, wie der Druck der Flüssigkeit, an deren Stelle dieselben eingesetzt sind.

Bringt man aber Flüssigkeiten von verschiedener Dichte, die sich nicht mischen, in communicirende Gefäße, so muß das Niveau der Oberfläche auf der Seite tiefer stehen, wo sich die dichtere Flüssigkeit befindet. Macht man z. B. den Versuch mit Queckſilber und Waſſer (Fig. 28), so ſteht das erſte viel tiefer in ſeinem Schenkel als das letzte, und tritt zugleich bis g in den anderen Schenkel über. Denkt man ſich die horizontale Ebene gh durch beide Schenkel gelegt, ſo muß der Druck auf dieſelbe in beiden Schenkeln derſelben ſein, d. h. die ganze Waſſerſäule über g muß gleich ſtark drücken, wie das Stück der Queckſilberſäule über h, ſonſt würde ſich das darunter befindliche Queckſilber nach der einen oder anderen Seite verſchieben. Da aber das Queckſilber etwa 13, 5 mal dichter iſt, als das Waſſer, folglich bei gleichem Gewichte einen 13, 5 mal kleineren Raum einnimmt, ſo darf auch das Stück der Queckſilberſäule über h nur $1/13{,}5$ von der Länge der ganzen Waſſerſäule haben, um mit ihr einen gleichen Druck auszuüben.

Fig. 28.

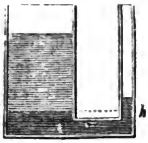


Fig. 29.

Luftdruck. — Barometer. Auf den eben beſchriebenen Verſuch kommt auch die folgende Erſcheinung hinaus. §. 19.

Eine Glasröhre (Fig. 29) von etwa 30″ Länge, welche an einem Ende zugeſchmolzen iſt, am anderen offen, wird mit Queckſilber gefüllt, am offenen Ende vorſichtig mit dem Finger zugehalten, ſo daß beim Umkehren keine Luft eindringen kann, dann unter das Queckſilber in einem Gefäße getaucht, geöffnet und ſenkrecht geſtellt. Die Röhre bleibt weder bis an das Ende mit Queckſilber gefüllt, noch ſinkt das Queckſilber bis auf ein gleiches Niveau mit demjenigen im Gefäße, ſondern erhält ſich auf einer ſenkrechten Höhe von etwa 28 Zoll darüber. Dieſe Erſcheinung ſcheint dem zu widerſprechen, was im vorigen §. über den Stand von Flüſſigkeiten in commu-

Digitized by Google

nicirenden Gefäßen angegeben worden ist. Denn Röhre und Gefäß stehen mit einander in Verbindung, beide enthalten Quecksilber; dieses sollte also in der Röhre gleich hoch stehen, wie im Gefäße. Allein der Widerspruch ist doch nur scheinbar, wenn man bedenkt, daß beim Umkehren in der Röhre über dem Quecksilber ein leerer Raum entstanden ist, das Gefäß aber sich am Boden eines mit elastischer Flüssigkeit gefüllten Raumes, nämlich der Erdatmosphäre, befindet, und deshalb einen Druck erleidet, der dem Gewichte der senkrecht über ihm stehenden Luft entspricht. Der Versuch findet also seine Erklärung in der zu Ende des vorigen §. durchgeführten Weise. Zwei Gefäße communiciren mit einander, in denen sich sehr ungleich dichte Flüssigkeiten befinden, in einem, in der Röhre, Quecksilber, im anderen nur zu unterst Quecksilber, darüber bis zur Grenze der Atmosphäre Luft. Die etwa 28″ hohe Quecksilbersäule, welche in der Röhre über dem äußeren Niveau stehen bleibt, übt also einen gleichen Druck aus mit der mindestens 7 Meilen hohen Luftsäule über dem Quecksilber im Gefäße. Durch den Druck der Luft wird eine etwa 28″ hohe Quecksilbersäule in der Glasröhre getragen.

Verbindet man die Glasröhre fest mit dem Gefäße und versieht sie mit einem Maßstabe, an welchem abgelesen werden kann, wie hoch sich das Quecksilber in ihr senkrecht über das Niveau im Gefäße erhebt; so hat man ein Instrument zur Messung des Luftdrucks, ein Barometer.

Fig. 30.

Das gemeine Gefäßbarometer (Fig. 30) besteht aus einer engen Glasröhre, deren offenes Ende umgebogen und an ein weiteres kurzes Glasgefäß angesetzt ist. Diese Röhre wird zuerst in umgekehrter Stellung mit Quecksilber gefüllt, und dann an ein Brett zugleich mit einem Maßstabe befestigt. Dieser Maßstab dürfte genau genommen allerdings nicht fest sein, wenn sein Anfangspunkt immer mit dem Niveau des Quecksilbers im Gefäße zusammentreffen soll; denn da die Quecksilbermasse im Barometer immer dieselbe bleibt, so sinkt dieses Niveau, wenn das Quecksilber in der Röhre bei zunehmendem Luftdrucke steigt, und umgekehrt. Nimmt man indeß den Durchmesser der Röhre zu weniger als $\frac{1}{8}$ von demjenigen des Gefäßes, so verändert sich das Niveau des Quecksilbers im letzten nur wenig und kann für minder genaue Beobachtungen als constant betrachtet werden, um so mehr, als der Luftdruck nur innerhalb enger Grenzen veränderlich ist.

Für feine Beobachtungen, welche von dem eben angedeuteten Fehler frei sein müssen, ist das Fortin'sche Gefäßbarometer (Fig. 31) besonders geeignet. Das Gefäß desselben,

Digitized by Google

welches Fig. 32 im größeren Maßstabe zeigt, besteht aus einem kurzen Glascylinder *c*, dessen Deckel und Boden durch die mit Schrauben verbundenen Ringe *b* und *d* zusammengehalten werden. Den Boden bildet ein Lederbeutel *l*, der durch die Schraube *s* gehoben und gesenkt werden kann. Durch den Deckel des Gefäßes geht ein Stift, dessen Spitze den Anfangspunkt des Maßstabes fixirt, und mit der die Oberfläche des Quecksilbers im Gefäße vor jeder Beobachtung durch Drehung der Schraube *s* in Berührung gebracht werden muß. Das Barometerrohr ist mittelst Kork durch den Deckel des Gefäßes hindurch gesteckt und zur Sicherung mit einer Metallröhre umgeben, auf der zugleich der Maßstab aufgetragen ist. Der obere Theil dieser Röhre ist vorn und hinten aufgeschlitzt, damit das Ende der Quecksilbersäule beobachtet werden kann. Die Ränder eines über die Röhre verschiebbaren Ringes dienen dabei als Visir. Das Fortin'sche Barometer hat außerdem den Vorzug, daß es sehr sicher und bequem transportirt werden kann, wenn man vorher die Schraube so weit aufwärts gedreht hat, daß die Barometerröhre bis zu ihrem zugeschmolzenen Ende mit Quecksilber gefüllt ist. Das Stativ dient zugleich als Kapsel.

Fig. 31.

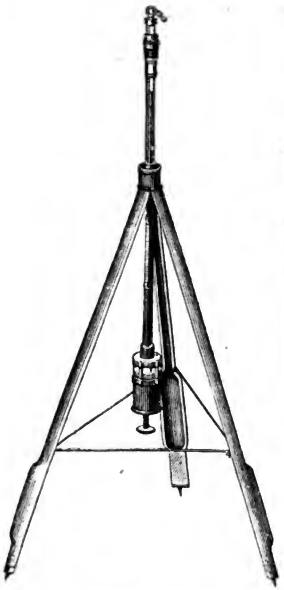


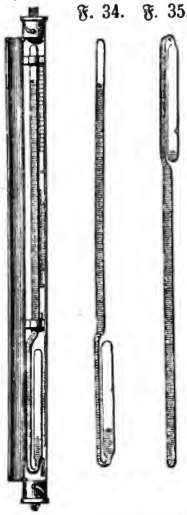
Fig. 32.

Alle Gefäßbarometer geben den Luftdruck etwas zu gering an. Die Oberfläche des Quecksilbers bietet nämlich wohl in der Mitte des Gefäßes ein horizontales Niveau, ist aber in der engen Glasröhre erhaben gekrümmt und erleidet dadurch einen Zug nach abwärts (vergl. §. 48), der die Quecksilbersäule verkürzt, indem er, mit ihrem Gewichte zusammengenommen, dem Luftdrucke gleich kommt. Nun ist zwar die Verkürzung der Quecksilbersäule für jeden Röhrendurchmesser genau bekannt, man kann aber auch das Barometer auf eine einfache Weise von diesem der Schwere fremden Einflusse befreien, indem man der Röhre und dem Gefäße einen gleichen

Digitized by Google

Durchmesser giebt. Man erhält dann das Heberbarometer, in dessen beiden Schenkeln die Oberfläche des Queckſilbers dieſelbe Krümmung annimmt und denſelben Zug nach abwärts erzeugt, der ſich aber, als nach entgegengeſetzten Seiten wirkend, gänzlich aufhebt. Dagegen iſt eine andere Unbequemlichkeit des Heberbarometers unvermeidlich. Das Niveau im offenen Schenkel verſchiebt ſich um eben ſo viel, als das Ende der Säule im verſchloſſenen. Fig. 33 zeigt das Heberbarometer nach Gay-Luſſac's Einrichtung. Die Röhre Fig. 34, 35 iſt ſo gebogen, daß das obere und untere Niveau ſenkrecht unter einander liegen und an einer Scala abgeleſen werden können. Der kurze Schenkel hat nur eine ganz feine Oeffnung an der Seite, ſo daß er ſich ohne Schaden umkehren läßt.

Fig. 33. F. 34. F. 35.



Nur ganz reines Queckſilber kann zu Barometern verwendet werden. Nach dem Einfüllen muß es durch Auskochen von aller eingeſaugten Luft und anhängenden Feuchtigkeit befreit werden. Daß ein Barometer im guten Stande iſt, erkennt man daran, daß ſich das Rohr vollkommen mit Queckſilber füllt, wenn man es neigt. Nach längerer Zeit dringt unvermeidlich etwas Luft in das Barometer, die nur durch abermaliges Auskochen entfernt werden kann.

Die Maßſtäbe der Barometer ſind faſt immer in Pariſer Zolle getheilt. Die Länge der Queckſilberſäule, die zu irgend einer Zeit dem Luftdrucke entſpricht, heißt ſchlechthin der Barometerſtand.

Der Druck der Atmoſphäre gilt häufig als Einheit des Druckes von Gaſen. Er bezieht ſich dann immer auf einen Barometerſtand von 28 Pariſer Zollen und beträgt bei einer Temperatur von 0° für einen preußiſchen Quadratzoll Fläche 14,61 preußiſche Pfunde.

§. 20. **Heber.** Wollte man ein Barometerrohr mit Waſſer anſtatt mit Queckſilber füllen, ſo müßte es ſehr viel länger ſein, um das freie Ende der Druckſäule zu zeigen; denn da die Dichte des Waſſers nur $1/13{,}5$ von der des Queckſilbers iſt, ſo muß eine Waſſerſäule 13,5mal höher ſein, als eine Queckſilberſäule, um ein gleiches Gewicht zu erhalten. Durch den Druck der Atmoſphäre wird mithin eine etwa $13{,}5 \cdot 28'' = 31',5$ hohe Waſſerſäule getragen. Röhren, die kürzer ſind, als 31',5, bleiben nach dem Umkehren mit Waſſer gefüllt.

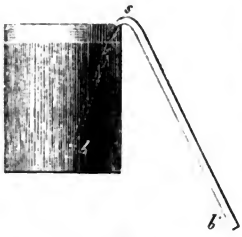
Füllt man eine umgebogene Röhre bsb', Fig. 36, einen Heber, mit

Digitized by Google

Fig 36.

Wasser und kehrt ihn dann rasch um, so entleert er sich nur durch das tiefer stehende Ende b', vorausgesetzt, daß der senkrechte Abstand des höher gehaltenen Endes b unter der Biegung s weniger beträgt, als 31″,5. Bei s kann nämlich wegen des Luftdrucks kein leerer Raum entstehen, das Wasser kann sich daher bei s nicht theilen, um aus beiden Oeffnungen auszufließen, sondern folgt ungetheilt dem stärkeren Zuge der längeren Wassersäule und fließt durch b' aus.

Fig 37.



Taucht man den Heber mit dem Ende b in ein Wasserbecken, Fig. 37, so wird er durch den Luftdruck immer voll erhalten, während aus b' ein steter Ausfluß stattfindet, und kann dazu dienen, das Becken bis auf die Tiefe der Oeffnung b zu entleeren.

Die Wirkung des Hebers beschränkt sich natürlich nicht auf das Wasser, sondern gilt für alle Flüssigkeiten; nur mit dem Unterschiede, daß die Höhe der Hebung mit der Dichte der Flüssigkeit abnimmt. Queckſilber z. B. kann nur noch dann ausfließen, wenn sich die Biegung des Hebers weniger als 28″ über dem Queckſilberniveau befindet.

Schweben, Schwimmen und Unterſinken. Bringt man einen §. 21.
fremden Körper in eine Flüssigkeit, so wird er ruhig in ihr schweben, wenn er mit der Flüssigkeit gleiche Dichte hat; denn der Druck, den er vermöge seines Gewichtes nach abwärts ausübt, ist gleich dem Gewichte der Flüssigkeitsmasse, die vorher dieselbe Stelle einnahm, und dieser wird durch den Gegendruck in der Flüssigkeit völlig aufgehoben (vergl. §. 7). Ist der Körper dichter, als die Flüssigkeit, so muß er unterſinken, denn der Druck seines Gewichtes überbietet den Gegendruck der Flüssigkeit. Ein Körper endlich, der minder dicht ist, als die Flüssigkeit, schwimmt; er wird durch den Gegendruck derselben gehoben und ragt so weit über die Oberfläche heraus, daß die Flüssigkeitsmasse, die der eingetauchte Theil verdrängt, und der Körper gleiches Gewicht haben. Massive Metallstücke müssen z. B. im Wasser unterſinken, denn die Metalle sind alle dichter, als Wasser. Will man metallene Gegenstände im Wasser zum Schwimmen bringen, so muß man in eine Metallhülle Luft einfassen, deren

Digitized by Google

Dichte nur $^1/_{770}$ von derjenigen des Waſſers iſt. Ein mit Luft gefüllter Blechcubus von 1 Zoll Seite ſchwimmt ſchon bei einem Metallgewichte von etwas weniger, als 292,95 Gran, denn die im Inneren befindliche Luft wiegt bei 0° C. nur 0,38 Gran. Auch die Hölzer ſchwimmen nur deshalb, weil in ihren Poren Luft enthalten iſt; die Holzſubſtanz ſelbſt iſt bei den meiſten Pflanzen etwas dichter, als Waſſer. Um Ballons in der atmoſphäriſchen Luft zum Steigen zu bringen, füllt man ſie mit Gaſen, deren ſpecifiſches Gewicht geringer iſt, als das der atmoſphäriſchen Luft. Hat z. B. ein kreisrunder Ballon 3 Fuß Durchmeſſer, ſo iſt ſein Inhalt gleich 113 Cubikfußen; 113 Cubikfuße atmoſphäriſche Luft wiegen bei 15° C. 9,19 Pfund, 113 Cubikfuß reines Waſſerſtoffgas 0,62 Pfund; die Maſſe des Ballons darf demnach noch 8,57 Pfund wiegen, um den Ballon ſchwebend zu erhalten, etwas weniger, um ihn zum Steigen zu bringen.

Taucht man einen Körper in eine Flüſſigkeit ein, ſo wird immer ein Theil ſeines Gewichtes durch den Gegendruck der Flüſſigkeit unwirkſam gemacht; durch dieſen Gegendruck wird ſo viel von ſeinem Gewichte getragen, als eine ihm, dem Volumen nach, gleiche Flüſſigkeitsmenge wiegt. Daher ſagt man gewöhnlich, ein Körper *verliere beim Eintauchen in eine Flüſſigkeit ſo viel von ſeinem Gewichte, als das Gewicht der von ihm verdrängten Flüſſigkeit beträgt.* Deshalb kann man unter dem Waſſer weit größere Laſten heben, als außerhalb des Waſſers; deshalb erhält ein Menſch beim Schwimmen das Gewicht ſeines Körpers mit verhältnißmäßig geringer Anſtrengung auf der Oberfläche des Waſſers.

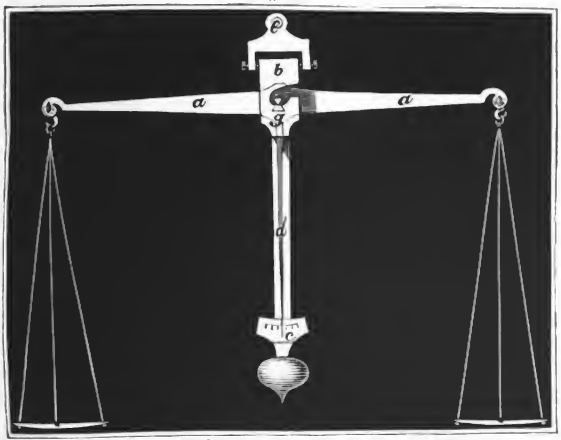
4. Beſtimmung des abſoluten Gewichtes.

§. 22. Eine der unerläßlichſten und wichtigſten Grundlagen wie für die Naturwiſſenſchaften im Allgemeinen, ſo auch für alle Anwendungen derſelben auf die Bedürfniſſe des Lebens iſt die Beſtimmung des Gewichtes der Körper. Das Inſtrument, deſſen man ſich zu dieſem Zwecke vorzüglich bedient, iſt die *Krämerwage*. So einfach dieſes Inſtrument iſt, ſo giebt es doch gewiſſe Vorſichtsmaßregeln, deren Vernachläſſigung eben ſo wohl mit den beſſeren Inſtrumenten zu falſchen Reſultaten führen kann, als ihre Beachtung mit minder guten Inſtrumenten brauchbare Angaben zu gewinnen erlaubt. Auf keinen Fall darf man ſich beim Gebrauche der Wage lediglich auf die Geſchicklichkeit und Gewiſſenhaftigkeit des Verfertigers verlaſſen.

Digitized by Google

Krämerwage. Die wesentlichen Theile einer Krämerwage (Fig. 38) sind der Balken *a a* und die Scheere *b c*. Beide sind gewöhnlich, §. 23.

Fig. 38.



wenigstens bei mittlerer Größe, aus hart geschlagenem Messing verfertigt. Horizontal durch die Mitte des Balkens geht ein Stift von möglichst hartem Stahl nach unten zu einer Schneide zugeschliffen; um diese Mittelschneide dreht sich der Balken. In den aufgeschlitzten Enden des Balkens befinden sich zwei andere, mit der mittleren parallele, aber aufwärts gekehrte, Schneiden, an welchen mittelst Häkchen die Wagschalen aufgehängt werden. Rechtwinkelig an der Mitte des Balkens ist die Zunge *d* befestigt.

Fig 39.

Die Scheere wird an ihrem oberen Ende in *e* frei aufgehängt, und ist so eingerichtet, daß sie sich von selbst stets in derselben Richtung feststellt. In die Backen der Scheere *ff*, Fig. 39, sind die Pfannen *g*, Fig. 38, eingesetzt, auf welchen die Mittelschneide des Balkens horizontal ruht; sie bestehen gewöhnlich ebenfalls aus hartem Stahl, noch besser aus Achat. Eine seitliche Verschiebung der Schneide auf den Pfannen wird durch stählerne Reibschilder verhindert; auf Fig. 38 sind dieselben der Deutlichkeit wegen weggelassen, Fig. 39 zeigt sie in *h, h*. Die Zunge spielt frei zwischen den Backen der Scheere; sie befindet sich über oder unter dem Balken; je nachdem die Pfanne am oberen oder unteren Ende der Scheere angebracht ist; ihre mittlere Stellung wird durch eine Marke *c* angegeben.

Digitized by Google

Der Gebrauch der Wage besteht kürzlich darin, daß man den Körper, dessen Gewicht bestimmt werden soll, auf die eine Schale legt, und auf die andere Schale so lange Gewichtsstücke, bis die Zunge auf der Marke einspielt. Die Gewichtsstücke werden sodann zusammengezählt und die so erhaltene Zahl entspricht dem Gewichte des Körpers.

§. 24. **Theorie der Wage.** Was hat man nun für einen Grund, so zu verfahren, und wie muß die Wage beschaffen sein, damit das Verfahren richtig wird?

In Fig. 40 stellen *a* und *b* die Schneiden vor, die zur Aufhängung

Fig. 40.

der Schalen dienen, die Aufhängungspunkte, *c* die Schneide, um welche sich der Wagbalken dreht, den Drehungspunkt. Legt man den Balken leer auf die Pfannen, so wird er dann ruhen, wenn sein Schwerpunkt *d* senkrecht unter dem Drehungspunkte *c* liegt, und dabei soll die Zunge auf der an der Scheere befestigten Marke einspielen. Giebt man dem Balken einen Stoß, so geräth er in pendelartige Schwingungen, indem sich sein Schwerpunkt um gleich viel nach rechts und links aus der unter *c* senkrechten Stellung herausbegiebt; die Zunge entfernt sich dabei auf beiden Seiten um gleich viel von der Marke.

Hängt man in *a* und *b* schwere Körper auf, so strebt jeder derselben, den Wagbalken nach seiner Seite abwärts zu ziehen, und der Wagbalken kehrt nur dann in seine frühere Lage zurück, wenn der Zug nach den beiden entgegengesetzten Seiten gleich groß ist, sich also gegenseitig aufhebt. Dies findet aber nach den §. 13 für den Hebel entwickelten Gesetzen Statt, sobald das in *a* angehängte Gewicht, multiplicirt mit *a c*, gleich ist dem in *b* angehängten Gewichte, multiplicirt mit *b c*; denn der Balken der Krämerwage ist ein Hebel, dessen Durchbrechungspunkt in *c* ist, und bei dem die Angriffspunkte *a* und *b* mit dem Drehungspunkte in einer geraden Linie liegen.

Digitized by Google

Sind nun $a\,c$ und $b\,c$ einander gleich, so müssen die an a und b angehängten Gewichte ebenfalls gleich sein, um für die Drehung des Balkens nach entgegengesetzten Seiten gleiche Stärke zu erzeugen, denn Gleiches, mit Gleichem multiplicirt, giebt Gleiches.

Sind demnach die Wagbalkenarme $a\,c$ und $b\,c$ einander gleich, so deutet ein Zurückkehren des Wagbalkens auf seine frühere Stellung, ein Einspielen der Zunge auf die Marke, oder ein gleiches Ausschlagen derselben nach beiden Seiten an, daß die an den Aufhängungspunkten ziehenden Körper gleiches Gewicht haben. Ziehen dagegen an einem gleicharmigen Wagbalken Körper von ungleichem Gewichte, so überwiegt die Drehung nach der Seite des schwereren Körpers. Wird demnach bei einer gleicharmigen Wage das eine Ende des Wagbalkens herabgezogen, oder schlägt die Zunge nach einer Seite aus, so ist der am herabgezogenen Wagbalkenarme angehängte Körper schwerer, als der am gehobenen Arme befindliche.

Ist $a\,c$ und $b\,c$ ungleich, hat der Wagbalken ungleiche Arme, so erfordert das Gleichgewicht, daß der am kürzeren Arme ziehende Körper mehr Gewicht habe, als der am längeren Arme ziehende, denn um ein und dasselbe Product durch zwei Factoren zu erhalten, muß der eine Factor abnehmen, wie der andere zunimmt. Spielt also die Zunge einer ungleicharmigen Wage ein, so steht das Gewicht der angehängten Körper im umgekehrten Verhältnisse der Armlängen, an denen sie ziehen.

Prüfung einer Wage. Nach den eben gegebenen Betrachtungen §. 25.
verstehen sich die Proben, die man mit einer Wage anzustellen hat, fast von selbst.

Die erste Forderung, welche an eine Wage zu stellen ist, ist die, daß ihre Arme gleich seien. Um zu sehen, wie weit bei einem Instrumente diese Forderung erfüllt ist, lege man zuerst den leeren Wagbalken in die Scheere und corrigire nöthigenfalls die Stellung der Zunge. Dann hänge man die Schalen an, belaste die eine mit der größten Gewichtsmenge, für welche die Wage dienen soll, und bringe die Zunge durch Auflegen beliebiger Massen, z. B. von Schrotkörnern, dann Hirsekörnern, zuletzt Papierschnitzelchen zum Einspielen auf die Marke. Die Körper an den beiden Enden des Balkens haben gleiches Gewicht, wenn der Balken gleicharmig ist; dann kann sich der Balken aber auch nicht verrücken beim Umwechseln der Schalen mit den darauf liegenden Körpern. Sind hingegen die Arme des Balkens ungleich lang, so hängt am kürzeren Arme ein größeres Gewicht, als am längeren; und beim Umwechseln kommt

Digitized by Google

das größere Gewicht an den längeren Arm, das kleinere an den kürzeren, so daß der längere Arm sinken, der kürzere steigen muß. Völlig fehlerfrei wird man bei dieser Probe kaum irgend eine Wage finden. Man muß jedoch wissen, wie groß die Fehler sind, denen man beim Gebrauche der Wege ausgesetzt ist. In den meisten Fällen kann man schon zufrieden sein, wenn das Gleichgewicht nach dem Umwechseln der Schalen durch Auflegen von $^1/_{1000}$ des auf einer Schale befindlichen Gewichtes wieder hergestellt wird, also der von der Ungleicharmigkeit der Wage herrührende Fehler nicht mehr, als $^1/_{1000}$ des Gewichtes beträgt. Uebrigens hält es gar nicht schwer, die Genauigkeit bis auf $^1/_{10000}$ zu schärfen.

Zweitens verlangt man aber auch von einer Wage, daß sie empfindlich sei, d. h. daß sie kleine Gewichtsunterschiede bestimmt und deutlich durch ein Ausschlagen der Zunge anzeige. Die Empfindlichkeit beruht auf zwei Umständen: Zuerst auf der Form des Wagbalkens. Die Ausschläge der Zunge werden um so größer, je näher der Schwerpunkt dem Drehungspunkte liegt. Allein es ist nicht vortheilhaft, die Wage blos auf diese Weise empfindlich zu machen, weil sie dann beim Hin- und Herschwingen einen sehr langsamen Gang bekommt, der einen Zeitverlust beim Wägen mit sich bringt. Zweitens hängt der Ausschlag einer Wage von dem Grade des Widerstandes ab, den die Bewegung der Schneide des Drehungspunktes auf der Pfanne erleidet. Dieser Widerstand wird um so geringer, je härter und je glätter Schneide und Pfanne sind. Läßt man den leeren Wagbalken schwingen, und nehmen die Schwingungsbogen rasch ab, so fehlt es an der Politur von Schneide oder Pfanne; beobachtet man dabei Stöße oder setzen die Schwingungen plötzlich ab, so ist die Schneide breitgedrückt und zeigt dann einen kleinen Spiegel. Es ist nicht zu viel verlangt, wenn man die Empfindlichkeit auf $^1/_{100000}$ der größten Belastung festsetzt; in den meisten Fällen kann man sich jedoch mit einer Empfindlichkeit von $^1/_{10000}$ begnügen, so daß z. B. bei einer größten Belastung von 10000 Gran ein Uebergewicht von 1 Gran noch wahrgenommen werden kann. In sehr vielen Fällen reicht schon eine Empfindlichkeit von $^1/_{1000}$ hin. Der Ausschlag soll nicht sowohl groß, als sicher und beständig sein. Eine große Bequemlichkeit gewährt es, wenn die Ausschläge für gleiche Uebergewichte unabhängig von der Totalbelastung der Wage gleich bleiben. Soll eine Wage dieser Forderung genügen, so müssen der Drehungspunkt und die beiden Aufhängungspunkte in einer Linie liegen, wie dies auf Fig. 40 angegeben ist. Gewöhnlich liegt der Drehungspunkt etwas über der Verbindungslinie der Aufhängungspunkte; die Ausschläge werden demzufolge für eine und dieselbe Gewichtsdifferenz um so kleiner, je größer die Totalbelastung der Wage ist.

Digitized by Google

Eine Wage darf nie so stark belastet werden, daß sich ihr Balken merklich biegt. Die Wagschalen werden zwar ursprünglich gleich schwer gemacht, nutzen sich aber mehr oder weniger ungleich ab und werden dadurch ungleich schwer; vor dem Gebrauche muß die Ungleichheit durch Auflegung kleiner Massen beseitigt werden. Um die Schalen zu schonen, legt man den abzuwägenden Körper auf eine Unterlage, bei kleinen Wagen von glattem Papier, oder auf ein Uhrglas. Trockne und feine Pulver schließt man zwischen zwei gut auf einander passende Uhrgläser ein, um sie vor dem Anziehen von Feuchtigkeit zu schützen.

Methode der doppelten Wägung. Ist eine Wage nur empfindlich, §. 26.
wenn auch sonst nicht fehlerfrei, so kann man mit ihr richtige Resultate erhalten, wenn man sich der Methode der doppelten Abwägung, der Abwägung mit Tara, bedient. Man bringt nämlich den abzuwägenden Körper auf die eine Schale und stellt das Gleichgewicht durch Auflegen beliebiger Massen, die dann Tara heißen, auf die andere Schale her; hierauf vertauscht man den Körper mit so viel Gewichtsstücken, daß die Zunge abermals einspielt. Indem der abzuwägende Körper und das Gewicht hinter einander an einem und demselben Arme des Wagbalkens wirken, ist das Resultat wenigstens von dem Hauptfehler frei, der auf der Ungleicharmigkeit der Balkenarme beruht.

Gewichte. Die Gewichte verfertigt man gewöhnlich aus Messing. Ihre §. 27.
Oberfläche muß gut polirt sein, damit sich in keiner Ritze Schmutz festsetzen kann. Das Messing überzieht sich allerdings nach und nach mit einer Oxydschicht und nimmt an Gewicht zu; die Gewichtszunahme ist aber bei einiger Vorsicht unbeträchtlich. Man muß sich besonders hüten, die Gewichtsstücke mit feuchten Fingern anzugreifen. Die Abtheilung der Gewichte wird so geordnet, daß man behufs einer leichten Nachprüfung die schwereren Gewichte einfach aus den leichteren zusammensetzen kann. Ob die Einheit des Gewichtes das Pfund, der Gran oder Gramme ist, ist gleichgültig. Beim Gebrauche des Grammengewichtes hat man nur den Vortheil, daß seine Anordnung, seine Ober- und Unterabtheilungen mit dem Zahlensysteme übereinstimmen.

Brückenwage. Wenn sehr große Lasten abgewogen werden sollen, so §. 28.
erfordert das Aufhängen und Aufziehen der Krämerwage besondere und starke Gerüste, auch ist das Auflegen der Gewichtsstücke beschwerlich. Beide Unbequemlichkeiten sind bei dem Gebrauche der Brückenwage vermieden.

Am weitesten verbreitet ist die tragbare Brückenwage von Rolle und Schwilgue in Straßburg. Fig. 41, Fig. 42 und Fig. 43 zeigt dieselbe. Die Brücke *A* dient zur Aufnahme der Last; durch ein Hebelwerk ist sie mit dem Wagbalken *B* verbunden, der sich um die Schneide

Digitized by Google

k dreht und an deſſen anderem Ende die Schale C für die Gewichte

Fig. 41.

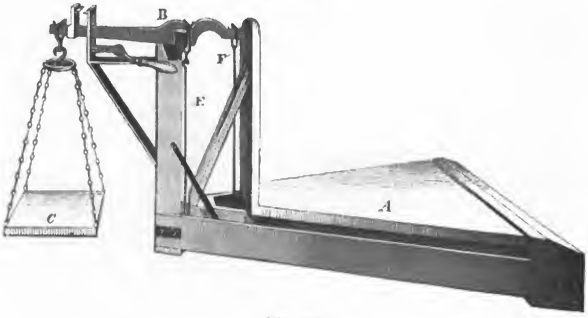


Fig. 42.

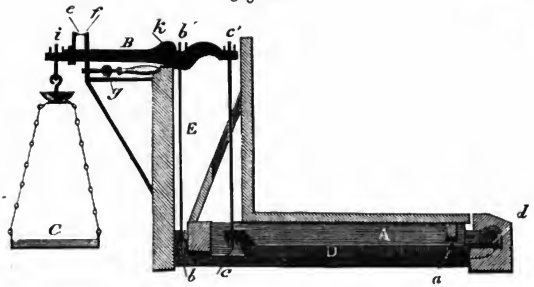
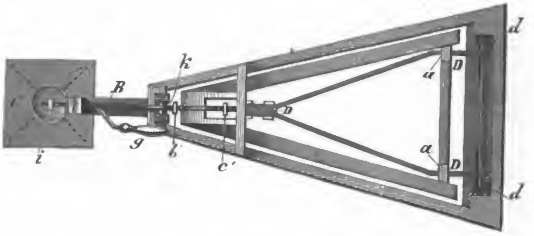


Fig. 43.



angehängt iſt. Die Brücke beſteht aus einem ſtarken Rahmen, der mit Brettern belegt und gewöhnlich auch mit Eiſenblech beſchlagen iſt; bei a

Digitized by Google

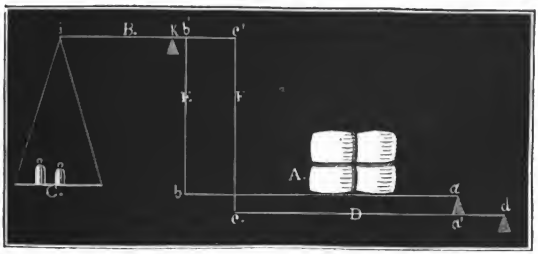
ist sie mit einer Pfanne versehen und ruht auf den Schneiden des Hebels D; bei b hat sie einen Haken, in den die Zugstange E eingehängt ist. Der gabelförmige Hebel D ruht am einen Ende mit den Schneiden d auf dem Gestelle der Brückenwage; das andere Ende ist bei C an die Zugstange F angehängt und dadurch mit dem Wagbalken B verbunden; in a ruht der Rahmen der Brücke auf ihm.

Das Gewicht der Brücke ist so angeordnet, daß es für sich den Wagbalken horizontal stellt, oder daß dadurch die mit dem Balken verbundene Schneide e der am Gestelle befestigten Schneide f gerade gegenübergestellt wird. Ist die Brücke belastet, so werden so viel Gewichte auf die Schale C gelegt, daß die Schneide e und f einander gegenüber dieselbe Stellung einnehmen, als wenn die Brücke unbelastet wäre. Wenn die Wage außer Gebrauch ist, so wird der Balken durch einen Hebel, der in g eine Rolle hat, gehoben. Der Rand der Brücke legt sich dann auf den Rahmen des Gestelles, und die Zugstangen E und F werden dadurch gelüftet, so daß die Schneiden des Wagbalkens durch einen fortwährenden Druck der in den Zugstangen befindlichen Pfannen nicht zu sehr in Anspruch genommen werden.

Der Vortheil, den der Gebrauch der Brückenwage darbietet, besteht einestheils darin, daß man die abzuwägende Last auf jede Stelle der Brücke auflegen darf, anderntheils darin, daß die auf die Schale aufgelegten Gewichte nicht der ganzen Last gleich sind, sondern nur einem bestimmten Theile derselben, gewöhnlich einem Zehntel, entsprechen.

Den Zusammenhang der Theile einer Brückenwage ersieht man leicht aus der Linearzeichnung, Fig. 44, deren Buchstaben denen von Fig. 42

Fig. 44.



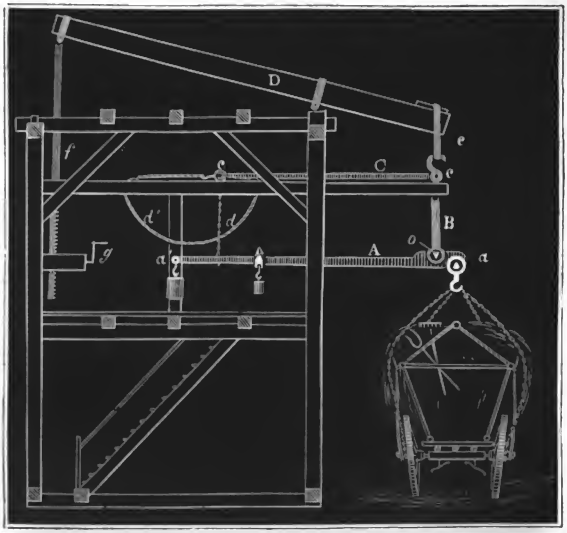
und Fig. 43 entsprechen. Eine unerläßliche Bedingung für die Brückenwage ist es, daß zwischen den Abständen $a'\,d$ und $c\,d$ dasselbe Verhältniß stattfindet, wie zwischen den Abständen $k\,b'$ und $k\,c'$. Nur wenn diese Bedingung bei der Construction erfüllt ist, übt die Last einen und denselben Druck auf den Wagbalken aus, sie mag sich auf dieser oder

Digitized by Google

jener Stelle der Brücke befinden. Ist die Bedingung erfüllt, so drückt die Last, wie sich aus den Gesetzen des Hebels leicht erweisen läßt, den Wagbalken immer mit einer solchen Stärke, als ob sie direct in b' angehängt wäre. Das Verhältniß zwischen Gewicht und Last hängt also von dem Verhältnisse der Abstände $k\,i$ und $k\,b$ ab. In der Regel ist, wie bereits erwähnt wurde, $k\,i$ das Zehnfache von $k\,b'$, und die Last auf der Brücke beträgt dann das Zehnfache der Gewichte auf der Schale, wenn das Gleichgewicht hergestellt ist.

§. 29. **Heuwage.** Eine Aufgabe, die sehr häufig an die rationelle Praxis der Landwirthschaft gestellt werden muß, ist die Gewichtsbestimmung beladener Wägen. Eine Einrichtung, die diesen Zweck sehr einfach und vollständig erreichen läßt, ist die in Fig. 45 abgebildete Heuwage.

Fig. 45.

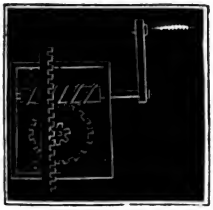


Der wesentlichste Bestandtheil derselben ist eine Schnellwage A, die sich unter einem Schutzdache befindet. Dieselbe hängt an einem eisernen Haken B und kann durch die Stange C, welche mittelst der Rollen c auf einer Holzbahn beweglich ist, aus dem Gebäude herausgeführt werden, indem man das Seil $d\,d'$ in der Richtung von d nach d' anzieht. Der Haken bei C tritt beim Herausführen von selbst in die Oese e. Am kürzeren Arme der Schnellwage hängen vier Ketten, welche um die Achsen

Digitized by Google

des abzuwägenden Wagens geschlungen werden. Die Oese *e*, und somit die ganze Schnellwage, wird durch den Hebebaum *D* so hoch aufgezogen, daß die Räder des angehängten Wagens den Boden nicht mehr berühren. Zum Aufziehen des Hebebaumes dient die gezahnte Stange *f* und die Kurbel *g*, welche durch ein Vorgelege mit einander verbunden sind, in einer Weise, welche Fig. 46 im größeren Maßstabe zeigt. Nach Beendigung der Abwägung wird der Hebebaum *f* wieder so weit gesenkt, daß die Wagenräder den Boden berühren, die Ketten von dem Rade abgenommen, die Schnellwage mittelst des beschriebenen Zugwerks wieder in das Gebäude zurückgeführt und so dem Einflusse der Witterung entzogen.

Fig. 46.



Ein beladener Wagen wiegt zwischen 60 und 100 Centnern. Wollte man die Wage aber auch nur für ein Gewicht von 60 Centnern einrichten und Gewichtsdifferenzen von 1 Pfund durch Theilstriche von 1‴ Länge unterscheiden, so würde der längere Arm der Schnellwage die unbequeme Länge von 41′ 8″ erhalten müssen. Da dies ein zu langes Gebäude erforderte und der Wagbalken überdies zu schwer werden würde, so berechnet man den Wagbalken blos auf ein Gewicht von 10 Centnern und hilft sich für größere Gewichte durch ein am Ende des Balkens in *a′* angehängtes Gegengewicht.

Hat man ein Laufgewicht von einem Centner, ist die Entfernung der Schneide *o* von der Schneide *a* gleich 1 Fuß, so muß der Arm *o a′*, von *o* an gerechnet, 10 Fuß lang sein, um ein Gewicht von 10 Centnern zu bestimmen. Die Eintheilung der Scala in Fuße giebt die ganzen Centner an, und in $^{10}/_{100}$ oder in 1‴,31, welche noch vollkommen deutlich zu erkennen sind, die Pfunde. Soll nun die Abwägung von 60 bis 100 Centnern möglich sein, so muß für 60, 70, 80 u. s. f. Centner ein Gegengewicht in *a′* am Wagbalken angehängt werden, den Ueberschuß über 60, 70, 80 u. s. f. innerhalb des Spielraums von 10 Centnern erfährt man durch Verrückung des Laufgewichtes (vergl. §. 14).

Fig. 47.

Die Hülse für das Laufgewicht stellt Fig. 47 im größeren Maßstabe dar. Zwei Rollen *a* und *a′* machen dieselbe längs des Balkens leicht verschiebbar; auf ihr ist ein Senkblei *b* befestigt, welches durch sein Einspielen auf die gegenüberstehende Spitze den horizontalen Stand des Wagbalkens angiebt.

Digitized by Google

5. Bestimmung des specifischen Gewichtes und der Dichte.

§. 30. Das wahre specifische Gewicht (vergl. §. 5) ist unmittelbar nur für sehr wenige Körper, z. B. für das Wasser, bestimmt worden, indem man zugleich das absolute Gewicht und das Volumen gemessen hat; denn die Messung des Volumens ist sehr schwierig, wenn ein hoher Grad von Genauigkeit erfordert wird. Für die meisten Körper ist nur die Dichte beobachtet, bezogen auf die Dichte des Wassers als die Einheit, wenn sie starr oder tropfbar flüssig sind, auf die Dichte der atmosphärischen Luft, als Einheit, wenn sie elastisch flüssig sind. Für die atmosphärische Luft wird dabei allgemein eine Normaltemperatur von 0^0 C. vorausgesetzt. In Bezug auf die Temperatur, bei welcher das Wasser die Einheit der Dichte haben soll, herrscht leider keine solche Uebereinstimmung; Einige nehmen 0^0 C., Andere 4^0 C., Andere 15^0 C. als Normaltemperatur an. Nothwendig ist es, daß man wenigstens die bei der Bestimmung der Dichte obwaltende Temperatur bemerkt. Die Dichte der Luft bei 0^0 ist $1/770$ von der des Wassers bei 4^0, und $1/769$ von derselben bei 15^0 C. Der Wahl einer besonderen Dichteeinheit für elastisch flüssige Körper liegt allein das Bestreben zu Grunde, zu kleine Zahlen zu vermeiden.

Die Bestimmung der Dichte und des specifischen Gewichtes ist eine Aufgabe von nicht geringer praktischer Bedeutung, und da ihrer Lösung, wenigstens für starre und tropfbar flüssige Körper, keine großen Schwierigkeiten entgegenstehen, so wollen wir sie in dieser Ausdehnung mittheilen.

§. 31. **Pyknometer.** Eine Methode, die hinsichtlich ihrer Einfachheit zunächst zu erwähnen ist, gründet sich auf den leicht verständlichen Satz, daß sich das absolute Gewicht der Körper bei gleichem Volumen zu einander verhält, wie ihr specifisches Gewicht, oder wie ihre Dichte. Für tropfbar flüssige Körper ist dieselbe von bequemer Anwendung. Man bestimmt nämlich das Gewicht einer Glasflasche mit gut eingeriebenem und festsitzendem Stöpsel zuerst leer, dann gefüllt mit reinem (destillirten) Wasser, zuletzt gefüllt mit der Flüssigkeit, deren Dichte gesucht wird. Daß nichts, weder vom Wasser, noch von der anderen Flüssigkeit über dem Stöpsel und auf der Außenseite der Flasche hängen bleiben darf, daß sich keine Luftblasen im Inneren befinden dürfen, daß endlich die Flasche vor dem Eingießen der zweiten Flüssigkeit durch mehrmaliges Ausschwenken mit derselben von Wasser völlig gereinigt sein muß, ver-

Digitized by Google

steht sich von selbst. Die Differenz zwischen dem ersten und zweiten Gewichte giebt das Gewicht des Wassers, diejenige des ersten und dritten das Gewicht der anderen Flüssigkeit, wenn beide denselben Raum, nämlich das Innere der Flasche, eingenommen haben. Dividirt man das Gewicht der anderen Flüssigkeit durch das Gewicht des Wassers, so erhält man die gesuchte Dichte als Quotienten.

Eine Flasche mit eingeriebenem Stöpsel wog z. B. leer 1140 Gran, mit Wasser gefüllt, 2540 Gran, mit Alkohol gefüllt, der sich nach der Angabe des gewöhnlichen Alkoholometers als nahe 100grädig erwies, 2256 Gran. Gleiche Volumina von Wasser und ziemlich absolutem Alkohol haben also in diesem Falle die absoluten Gewichte 1400 und 1116 Gran, so daß die Dichte des Alkohols gleich ist $^{1116}/_{1400} = 0{,}797$.

Glasgefäße, die so eingerichtet sind, daß sie ein Wassergewicht fassen, mit dem sich bequem dividiren läßt, z. B. 1000 Gran, oder 10 Grammen, heißen Pyknometer.

Bestimmung der Dichte von Pulvern. Bei geringer Abänderung dient die eben beschriebene Methode auch zur Bestimmung der Dichte von mehr oder weniger groben Pulvern: Man bringt eine gewogene Menge davon in ein gut verschließbares Stöpselglas, dessen Gewicht man kennt, wenn es mit Wasser gefüllt ist; füllt hierauf das Glas mit Wasser voll und bestimmt sein Gewicht. Vor dem Aufsetzen des Stöpsels müssen natürlich alle Luftblasen entfernt sein, und die Flasche muß äußerlich sorgfältig abgetrocknet sein, ehe sie gewogen wird. Zieht man vom Gewichte der Flasche, gefüllt mit Wasser und Pulver, das Gewicht des Pulvers ab, so erhält man das Gewicht des Gefäßes und des Wassers, welches mit dem Pulver zusammen das Gefäß füllte. Man braucht also nur dieses letzte Gewicht abzuziehen vom Gewichte des Gefäßes, mit Wasser vollgefüllt, um zu erfahren, wie viel das Wasser wiegt, welches denselben Raum einnimmt, wie das Pulver, oder welches vom Pulver verdrängt wurde, und endlich damit in das Gewicht des Pulvers zu diviren, um seine Dichte zum Quotienten zu bekommen. §. 32.

Wiegt z. B. eine Glasflasche, mit Wasser vollgefüllt, 2150 Gran, gefüllt mit 500 Gran Ackererde und mit Wasser 2457 Gran, so nehmen die 500 Gran Ackererde und 193 Gran Wasser einen gleichen Raum ein; denn $2150 - (2457 - 500) = 193$. Die Dichte der Ackererde ist also $^{500}/_{193} = 2{,}59$. Diese Ackererde war ein Verwitterungsproduct des Muschelkalkes aus der Nähe von Jena.

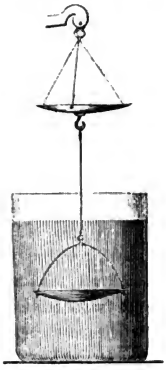
Hydrostatische Wage. Am ausgedehntesten ist der Gebrauch der hydrostatischen Wage, welcher sich auf den §. 21 angeführten Satz gründet, daß ein jeder Körper in eine Flüssigkeit eingetaucht, durch den Gegendruck derselben um das Gewicht der von ihm verdrängten oder mit §. 33.

Digitized by Google

ihm gleichen Raum einnehmenden Flüssigkeitsmasse leichter wird. Streng genommen sind demnach auch die absoluten Gewichtsbestimmungen, wie sie gewöhnlich ausgeführt werden, unrichtig; denn immer finden sie in atmosphärischer Luft Statt, und jeder Körper erscheint an der Wage um das Gewicht der Luftmasse zu leicht, die mit ihm ein gleiches Volumen hat. Allein die hieraus entspringenden Fehler sind nicht groß, für Körper von der Dichte des Holzes betragen sie ungefähr $^1/_{400}$, für solche von der Dichte der Metalle $^1/_{1700}$ des wahren Gewichtes.

Zum hydrostatischen Gebrauche eignet sich eine jede empfindliche Wage. Der eine Wagbalkenarm (Fig. 48) wird mit einer kurzgeschnürten Schale versehen, an deren unterer Fläche sich ein kleines Häkchen befindet zum Anhängen einer zweiten Schale. Diese zweite Schale befindet sich mit ihrem Bügel unter Wasser. Zum Anhängen dient am zweckmäßigsten Platindraht; die Schale ist am besten von Glas und hat einen Platinbügel. Die Doppelschale bis zur gehörigen Stelle in Wasser eingetaucht, wird durch ein auf die Schale am anderen Arm aufgelegtes Gewicht tarirt. Der Zweck dieser Einrichtung ist folgender. Der Körper, dessen Dichte in Frage steht, wird zuerst auf die obere Schale gelegt und sein absolutes Gewicht bestimmt. Nachdem dies geschehen ist, benetzt man denselben mit Wasser und legt ihn auf die untere Schale; dadurch wird das Gleichgewicht an der Wage gestört, die Zunge schlägt nach der Seite aus, wo sich die Doppelschale befindet, denn der Körper hat im Wasser am Gewichte verloren. Um die Größe des Gewichtsverlustes zu ermitteln, bringt man die Zunge durch Auflegen von Gewichten auf die obere Schale wieder zum Einstehen; die aufgelegten Gewichte sind dem Gewichtsverluste des Körpers im Wasser gleich, oder gleich dem Gewichte der Wassermenge, die mit dem Körper gleiches Volumen hat. Das Gewicht des Körpers, durch das Auflegegewicht dividirt, giebt seine Dichte.

Fig. 48.



Wiegt z. B. ein Stückchen Muschelkalk von den Bergen des Saalthales bei Jena 3,040 Grammen, verliert es, auf die untere Schale gelegt, im Wasser 1,124 Grammen, so haben 3,040 Grammen Muschelkalk und 1,124 Wasser gleiches Volumen, folglich ist die Dichte dieses Muschelkalkes $\frac{3{,}040}{1{,}124} = 2{,}704$.

Digitized by Google

Beim Eintauchen des Körpers in Wasser hat man vorzüglich darauf zu sehen, daß keine Luftblasen an ihm hängen bleiben. Ist er specifisch leichter, als Wasser, so daß er für sich nicht untersinkt, so muß man ihn auf irgend eine Weise an der unteren Schale oder an ihrem Bügel befestigen. Körper, die sich im Wasser auflösen, müssen in irgend eine andere Flüssigkeit von bekannter Dichte, z. B. Alkohol, Oel oder dergl., eingetaucht werden. Durch Division ihres absoluten Gewichtes mit dem dabei stattfindenden Gewichtsverluste bekommt man die Dichte des Körpers, bezogen auf die Dichte derjenigen Flüssigkeit, in welche er eingetaucht war, als Einheit. Durch Multiplication dieses Quotienten mit der Dichte der angewandten Flüssigkeit gewinnt man die Dichte des Körpers.

Auch die Dichten von Flüssigkeiten können mit der hydrostatischen Wage ermittelt werden. Sieht man nämlich nach, wie viel ein starrer Körper, z. B. eine Glaskugel, die man an die Stelle der unteren Schale setzt, beim Eintauchen in eine Flüssigkeit verliert, und dividirt diesen Gewichtsverlust durch denjenigen, welcher beim Eintauchen in Wasser stattfindet, so kommt man auf das absolute Gewichtsverhältniß beider Flüssigkeiten bei gleichem Volumen, nämlich dasjenige des eingetauchten Körpers, d. h. auf die Dichte.

Senkwage, Scalenaräometer. Bei tropfbaren Flüssigkeiten führen §. 34.
die Senkwagen oder Scalenaräometer (Fig. 49) am schnellsten zum Ziele. Dies sind hohle Glaskörper, deren oberer Theil aus einem cylindrischen Stiele besteht mit eingelegter Scala und deren unterer Theil in eine bauchige Erweiterung ausläuft; die Kugel am unteren Ende ist mit Schroten oder Queckſilber beschwert, so daß das Instrument beim Einsenken in eine Flüssigkeit mit Sicherheit und in senkrechter Stellung schwimmt. Eine Senkwage sinkt aber in eine Flüssigkeit so tief ein (vergl. §. 21), daß das Gewicht der durch sie verdrängten Flüssigkeitsmenge gleich ist ihrem absoluten Gewichte, und die eingetauchten Theile der Senkwage stehen demnach für verschiedene Flüssigkeiten in demselben Verhältnisse, in welchem die Volumina dieser Flüssigkeiten bei gleichem Gewichte stehen, d. h. im umgekehrten Verhältnisse ihrer Dichten; denn ein Körper ist um so weniger dicht, einen je größeren Raum er bei bestimmtem Gewichte einnimmt. Je dichter also eine Flüssigkeit ist, desto mehr tritt der Stiel der Senkwage aus der Flüssigkeit heraus, und umgekehrt. Die Scala einer Senkwage kann mit Leichtigkeit so eingerichtet werden, daß an der Stelle, wo der Rand der Flüssigkeit am Stiele abschneidet, die Dichte dieser Flüssigkeit bemerkt ist.

Fig. 49.

Die gewöhnlich vorkommenden Dichten umfassen einen Spielraum von 0,7 bis 0,85. Diesen Umfang kann man jedoch nicht leicht einem einzigen Instrumente geben, wenigstens nicht, wenn die auf einander folgenden Scalentheile Unterschieden von 0,001 in der Dichte entsprechen sollen, und wenn man dem Instrumente keine unbequeme Länge geben will; man vertheilt deshalb die Zahlen auf 3 oder 4 Instrumente.

In der Praxis kommen noch zweierlei andere Senkwagen vor. Zuerst solche, deren Scalen nicht auf Dichten unmittelbar, sondern vielmehr auf willkürliche Dichtigkeitsgrade Bezug haben. Unter den Instrumenten der Art sind die Beaumé'schen am weitesten verbreitet. Es sind deren zwei, eines bestimmt für die Flüssigkeiten, die specifisch leichter, das andere für Flüssigkeiten, die specifisch schwerer als Wasser sind; beim ersten geht eine Theilung von 0 bis 60 aufwärts, beim anderen von 0 bis etwa 70 abwärts. Jeder Theilstrich heißt ein Grad, und wenn das Instrument in einer Flüssigkeit beispielsweise bis zum 15ten Theilstriche untersinkt, so sagt man, die Flüssigkeit habe eine Dichte von 15° B.

Die folgende Tabelle giebt eine Vergleichung der Beaumé'schen Grade und Dichten:

Tabelle zur Reduction der Beaumé'schen Aräometergrade auf die Dichte:

I. für Flüssigkeiten, welche dichter sind als Wasser,

II. für Flüssigkeiten, welche weniger dicht sind als Wasser.

Grade nach Beaumé	Dichte	
	I.	II.
0	1,00	
10	1,07	1,00
20	1,16	0,93
30	1,26	0,88
40	1,38	0,83
50	1,52	0,78
60	1,70	0,74
70	1,93	

Für den Handel haben die Procentaräometer große Wichtigkeit. Sie sollen nicht angeben, wie groß die Dichte eines käuflichen Gemisches zweier Flüssigkeiten von verschiedenem specifischen Gewichte, z. B. Alkohol und Wasser, Schwefelsäure und Wasser u. dergl. sei, sondern in welchem Verhältnisse die beiden Gemengtheile stehen, bei irgend einem specifischen Gewichte, d. h. wenn die Senkwage bis zu einer bestimmten Stelle einsinkt. Der Construction dieser Instrumente liegt die Kenntniß der Zusammenziehung zu Grunde, welche bei der Lösung von tropfbaren Flüssigkeiten in tropfbaren Flüssigkeiten (s. §. 54) stattfindet.

Digitized by Google

II. Aggregationsformen.

1. Aeußere Gestalt.

§. 35. Betrachten wir von den durch die Aggregationsformen bedingten Eigenschaften der Körper zunächst die äußere Begrenzung, so kann bei Flüssigkeiten in großen Massen von einer wesentlichen, d. h. mit ihrer Natur zusammenhängenden und bleibenden Form wegen der leichten Verschiebbarkeit ihrer Theile an einander nicht die Rede sein; die Oberfläche der Flüssigkeit nimmt, wo sie frei ist, zufolge der Schwere eine horizontale Lage an und richtet sich sonst nach der Form des Gefäßes. Kleinen Massen von tropfbaren Flüssigkeiten ist die Tropfengestalt eigenthümlich; den Gasen geht selbst in den kleinsten Massen auch diese Eigenthümlichkeit ab. Dagegen die Formen starrer Körper bieten ein großes Interesse auch noch deshalb, weil sie mit der Bildung derselben im innigsten Zusammenhange stehen. Diese Bildung folgt zwar im Allgemeinen stets durch Erstarrung einer Flüssigkeit oder durch Ausscheidung aus einer Flüssigkeit, aber doch auf zwei verschiedene Weisen, die den Unterschied zwischen organischen und anorganischen Formen bedingen. Bei anorganischen Bildungen beruht die Erstarrung auf einfachen physikalischen Veränderungen, auf Veränderung der Temperatur und des Druckes und auf chemischer Gegenwirkung. Organisch starre Körper haben ihren Ursprung mittelbar oder unmittelbar in Thieren und Pflanzen und werden durch den verwickelten Stoff- und Formwechsel hervorgerufen, in dem der chemische und physikalische Theil des anorganischen Lebens besteht. Allein nicht alle Körper von organischem Ursprunge sind auch zugleich organische Bildungen. Die Flüssigkeiten im Inneren von Pflanzen und Thieren sind den Wirkungen von Temperatur, Druck und chemischer Verwandtschaft nicht entzogen; auch aus ihnen können solche Ausscheidungen stattfinden, wie aus anderen Flüssigkeiten, auf welche das organische Leben keinen Einfluß ausübt. Zu solchen anorganischen Körpern im Inneren von Organismen gehören z. B. die Krystalle in den Zellen vieler Pflanzen.

Digitized by Google

§. 36. **Kryſtallformen.** Unter den ſtarren Stoffen der anorganiſchen Natur findet ſich eine große Zahl von eigenthümlich geſtalteten Vorkommniſſen, die man mit dem Namen Kryſtalle bezeichnet. Man kann ſich dergleichen ſehr leicht verſchaffen, ſowohl von Mineralien, als auch von Kunſtproducten. Unter den verbreiteteren Mineralien zeigen z. B. Flußſpath, Granat, Kalkſpath, Quarz, Zinnſtein, Feldſpath, Schwerſpath, Gyps und Cyanit ausgezeichnet kryſtalliniſche Formen. Die Kunſtproducte können faſt alle kryſtalliſirt erhalten werden, ſo daß es kaum nöthig iſt, Alaun, Natronſalpeter, Kaliſalpeter, Soda, Glauberſalz, Eiſen- und Kupfervitriol als beſonders ausgezeichnete Beiſpiele zu nennen. Vergleicht man eine gehörige Anzahl von Kryſtallen mit einander, ſo können auch einer minder aufmerkſamen Betrachtung die weſentlichſten Merkmale nicht entgehen.

Zunächſt bemerkt man, daß die Kryſtalle nur von ebenen Flächen begrenzt ſind. Dieſe haben allerdings häufig keine große Ausdehnung und ſetzen oft ab, ſehr häufig ſind ſie aber auch von einer Ebenheit und Glätte, die man durch keine künſtliche Politur erreichen kann.

Ferner entſpricht an iſolirten Kryſtallen, die nirgends die Spur eines Bruches an ſich tragen, jeder Fläche an der einen Seite eine Parallelfläche auf der anderen Seite, und die Flächen ſelbſt ſind ſymmetriſch vertheilt. Die Symmetrie iſt aber in verſchiedener Weiſe und in verſchiedenem Grade entwickelt, bald regelmäßig um einen Mittelpunkt, wie bei Flußſpath, Granat und Alaun, bald um eine Mittellinie, und zwar entweder nach der Dreizahl, wie bei Kalkſpath, Quarz, Natronſalpeter, oder nach der Vierzahl, wie bei dem Zinnſteine, bald zu beiden Seiten von drei ſich rechtwinkelig ſchneidenden Ebenen, wie bei Schwerſpath und Feldſpath, bald nur zu beiden Seiten von zweien, wie bei Gyps und Eiſenvitriol, bald endlich beſchränkt ſich die Symmetrie auf das Vorkommen von Parallelflächen, wie bei Cyanit und Kupfervitriol. An den Kryſtallen deſſelben Stoffes zeigt ſich immer dieſelbe Symmetrie der Flächenvertheilung, gewöhnlich ſogar treten die Flächen in gleicher Lage und dann ſtets unter gleicher Neigung gegen einander auf.

Vollkommene und iſolirte Kryſtalle von einiger Größe, an denen ſich die Geſetze der Kryſtallbildung vollſtändig auffaſſen laſſen, gehören aber aus einem leicht anzugebenden Grunde zu den Seltenheiten. Ein Kryſtall kann ſich blos dann allſeitig ausbilden, wenn er in der Flüſſigkeit, aus welcher er ſich ausſcheidet, ſchwebend erhalten wird. Dies iſt aber nur dann möglich, entweder wenn die Flüſſigkeit ſehr zähflüſſig iſt, oder in dem ſeltenen Falle, wo der ausgeſchiedene Kryſtall und die Flüſſigkeit gleiche Dichte haben. Gewöhnlich ſinken die Kryſtalle, die im Inneren der Flüſſigkeit entſtanden ſind, zu Boden, ehe ſie eine bedeutende Größe erreicht haben, und wachſen mit dem Boden und unter einander zu Kry-

Digitized by Google

ſtalldruſen zuſammen. Dazu kommt noch, daß die Kryſtalle gerade an den rauhen Stellen des Bodens vorzüglich leicht entſtehen und ſich dann oft in ſo dünnen und ſchmalen Individuen an einander ſetzen, daß ihre Geſammtoberfläche ſcheinbar gekrümmt iſt.

So erhalten wir einen Uebergang von den eigentlich kryſtalliſirten zu den blos kryſtalliniſchen Körpern, die wir auf verſchiedene Weiſe nachbilden können. In den meiſten Fällen der Ausſcheidung durch den chemiſchen Proceß ſcheiden ſich nicht große Kryſtalle langſam ab, ſondern viele kleine faſt augenblicklich, die dann leicht zu einem formloſen Haufwerke zuſammenbacken. Durch Erkaltung werden Flüſſigkeiten häufig durch und durch erſtarrt, ſo daß die Maſſe der entſtehenden Kryſtalle den ganzen Raum der Flüſſigkeit ausfüllt, und entweder in paralleler Lage, oder unregelmäßig zuſammenſtößt. Im erſten Falle entſtehen kryſtalliniſche Maſſen von ſpathigem Bruche, wie geſchmolzenes Antimon und Wismuth, im zweiten von körnigem Bruche, wie Gußeiſen.

Bei mikroſkopiſcher Unterſuchung erſcheinen noch ſehr viele ſogenannte derbe, erdige und pulverige Maſſen, kryſtalliniſch gebildet.

Nur wenige Stoffe ſtimmen mit dem Glaſe überein, welches nicht die geringſten Spuren kryſtalliniſcher Beſchaffenheit an ſich trägt und einer ſchlechthin erſtarrten Flüſſigkeit entſpricht, einer Flüſſigkeit, der nur die Verſchiebbarkeit ihrer Theile genommen worden iſt.

Die Behauptung wird demnach gerechtfertigt erſcheinen, daß die allen anorganiſchen ſtarren Stoffen weſentliche äußere Geſtalt die kryſtalliniſche ſei.

Formen organiſcher Körper. Auch viele organiſch gebildete Stoffe, §. 37.
wie Zucker, Harnſtoff, viele Fette können in vollkommen kryſtalliniſchen Formen erſtarren, treten aber auch mit der Erſtarrung aus dem unmittelbaren Wirkungskreiſe des organiſchen Lebens heraus.

Organiſch thätige ſtarre Stoffe ſind nie kryſtalliniſch, im Gegentheil wird eine krummflächige Begrenzung zur Regel. Die Beſchreibung ihrer Formen gehört in das Gebiet der Phyſiologie.

---

2. Elaſticität.

Wir haben die Elaſticität früher als eine Eigenthümlichkeit der Gaſe §. 38.
bezeichnet (vergl. §. 7); allein ſie fehlt auch den ſtarren und tropfbar flüſſigen Stoffen nicht gänzlich, wenn ſie ſich bei ihnen auch in etwas anderer Weiſe darbietet.

Digitized by Google

§. 39. **Elasticität starrer Körper.** Geschmolzen und nachher langsam erkaltet, hat Kupfer die Dichte von 8,452, Silber von 10,105, durch anhaltendes Hämmern erhält das erste die Dichte von 8,889, das zweite von 10,447; das Kupfer wird also durch Hämmern um 0,049, das Silber um 0,032 verdichtet. Diese beiden Beispiele zeigen, daß auch bei starren Körpern das Volumen und der Druck zusammenhängen.

Die meisten Metalle werden, ohne durch den flüssigen Zustand hindurchgegangen zu sein, auch auf andere Weise, als durch Guß, nämlich mit Hülfe von Hammern, Walzen und Zuglöchern, in Stäbe, Bleche und Drähte umgeformt. Daraus sieht man, daß die Theile starrer Körper auch etwas an einander verschoben werden können.

Diese Umstände beweisen, daß den starren Körpern weder die Eigenschaften der Gase, noch die Eigenschaften der tropfbaren Flüssigkeiten gänzlich abgehen, und darauf beruht ihre Elasticität.

Ein Eisendraht von 1‴,37 Durchmesser an einem Ende eingespannt, wurde bei einem Versuche durch den Zug von 300 Pfund von der Länge 1000 auf die Länge 1001 ausgedehnt, zog sich aber nach Entfernung der ziehenden Gewichte wieder auf seine ursprüngliche Länge zusammen. Das doppelte Gewicht dehnte den Draht aus auf die Länge 1002, davon blieb aber 0,16 zurück, nachdem der Zug aufgehört hatte. Endlich durch den Zug von 9300 Pfund wurde der Draht zerrissen.

Dasselbe Verhalten, wie Eisendraht, bieten auch andere starre Stoffe. Durch Zug oder Druck wird ihre Form und Dichte verändert, die erste jedoch mehr, als die letzte. Bis zu einer gewissen Grenze ist diese Aenderung nur vorübergehend und verschwindet, nachdem Zug oder Druck aufgehört haben zu wirken; alle starren Körper sind also innerhalb gewisser Grenzen elastisch. Ueberschreitet man die Elasticitätsgrenze, so bleibt eine um so größere Formänderung zurück, je mehr man sich der Cohäsionsgrenze nähert, bei welcher eine Zertrümmerung oder Zerreißung stattfindet. — Die folgende Tabelle giebt die Elasticitätsverhältnisse der Metalle in zwei ziemlich extremen Zuständen an, zuerst, wie sie durch den Drahtzug auf den höchsten Grad gesteigert werden, und dann, wie sie durch nachmaliges Ausglühen der Drähte, durch das sogenannte Anlassen, auf ein mittleres Maß zurückgeführt werden. Die Angaben beziehen sich auf Drähte von 1 □‴ Querschnitt; die Züge sind in Pfunden ausgedrückt; als Elasticitätsgrenze ist dasjenige Gewicht angenommen, dessen Zug eine bleibende Verlängerung von 0,00005 auf die Längeneinheit bewirkt. Allein diese Grenze ist nicht ganz sicher, da schon Züge, die nur $\frac{2}{3}$ davon betragen, bei langer Wirkung im Eisen eine mit der Zeit der Wirkung zunehmende Dehnung veranlassen. Damit hängt ja auch der

Digitized by Google

Umstand zusammen, daß die Wirkung der Hammerschläge bei gleicher Stärke mit ihrer Zahl zunimmt.

Tabelle über die Elasticitätsverhältnisse starrer Stoffe.

Elasticitätsgrenzen (I.), innerhalb der Elasticitätsgrenze stattfindende größte Ausdehnung (II.) und Cohäsionsgrenze (III.) von runden Metallstäben, berechnet in Pfunden für einen Querschnitt von 1 □ Zoll:

	hart			angelassen		
	I.	II.	III.	I.	II.	III.
Blei	360	0,243	3440	290	0,614	2980
Zinn	600	0,430	4340	290	0,230	5250
Zink	2000	0,505	2360	1460	0,270	2160
Gold	19750	0,008	40200	4400	0,046	16170
Silber	16300	0,004	43340	4000	0,168	23900
Kupfer	17550	0,003	59970	4390	0,220	46240
Eisen	47530	0,026	93000	7300	0,109	73500
Gußstahl	81300	0,003	122500	7300	0,011	?
Stahldraht . . .	64000	0,0006	123500	23100	0,0044	78800

Elasticitätsgrenze (I.), innerhalb derselben liegende größte Dehnung (II.) und Cohäsionsgrenze (III.), ausgedrückt in Pfunden für Holzstäbe von 1 □ Zoll Querschnitt:

	I.	II.	III.
Eiche	3450	$\frac{1}{431}$	9000—18000
Esche	3200	$\frac{1}{385}$	15000—17700
Rothtanne . . .	3200	$\frac{1}{470}$	9200—10200
Weißtanne . . .	3160	$\frac{1}{500}$	8700—13000
Rothbuche . . .	2050	$\frac{1}{570}$	10000—18000

Die Zahlen dieser Tabelle, die übrigens nur als Mittelzahlen anzusehen sind, erhalten praktische Bedeutng, wenn es sich um das Tragvermögen gewisser Materialien handelt. Ein Zug darf in diesem Falle die Elasticitätsgrenze nicht überschreiten; meistens wird man aber der Sicherheit wegen tief darunter stehen bleiben. Die Festigkeit von Stangen nimmt mit dem Querschnitte zu. Eine Schmiedeeisenstange von 4 □″ Querschnitt kann z. B. einen Zug von 4 . 7300 = 29200 Pfund mit

Digitized by Google

Sicherheit aushalten. Um 40000 Pfund zu tragen, müßte ihr Querschnitt zu 5,46 □″ genommen werden, denn 5,46 . 7300 = 40000.

Stoffe, die nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauche für elastisch gelten, haben ausgedehnte Elasticitätsgrenzen, wie Stahl, oder ihre Dehnung innerhalb der Elasticitätsgrenzen ist beträchtlich, wie bei Caoutchouc. Geschmeidig sind solche Stoffe, deren Dehnung innerhalb der Cohäsionsgrenze bedeutend ist, und deren Cohäsionsgrenze zugleich so hoch liegt, daß ein starker Hammerschlag keinen Bruch veranlaßt; endlich die Sprödigkeit beruht auf einer geringen Dehnung innerhalb der Elasticitätsgrenzen und einem nahen Aneinanderliegen der Elasticitäts- und Cohäsionsgrenze. Unter den Metallen ist das elastischste das Eisen, das geschmeidigste das Gold, das sprödeste das Antimon.

Die meisten Krystalle sind in gewissen Richtungen vorzugsweise leicht spaltbar; die Spaltungsflächen sind häufig vollkommen eben und glatt. Mineralien, die diese Eigenschaft in hohem Grade besitzen, wie Gyps, Kalk, heißen Späthe.

An manchen Krystallen ist das Abbrechen nach den Richtungen der Spaltbarkeit so vorherrschend, daß diese auf jeder Bruchfläche erscheinen. So zerfällt Kalkspath und Bleiglanz immer der eine in Rhomboëder, der andere in Würfel, man mag darauf schlagen, in welcher Richtung man wolle.

§. 40. **Elasticität tropfbar flüssiger Körper.** Alle flüssigen Körper haben sich als vollkommen elastisch erwiesen; eine nach Aufhebung des Druckes bleibende Volumensveränderung ist nicht beobachtet worden. Die Volumensveränderung der tropfbaren Flüssigkeiten ist jedoch so gering, daß sie nur bei sehr starkem Drucke und mit Hülfe sehr feiner Apparate deutlich erkannt und gemessen werden kann. Den Druck pflegt man dabei, um große Zahlen zu vermeiden, in Vielfachen des atmosphärischen Druckes anzugeben (vergl. §. 19). Bei einigen Flüssigkeiten, wie bei Quecksilber und Wasser, vermindert sich das Volumen gleichmäßig, wie der Druck zunimmt, wenigstens bis zu einer Steigerung des Druckes auf 24 Atmosphären; für Quecksilber von 0° beträgt die Zusammendrückung durch eine Atmosphäre 5,03 Milliontheile des ursprünglichen Volumens; für reines nicht lufthaltiges Wasser von 0° ist sie 51,3 Milliontheile. Alkohol dagegen von 11°,6 C. zieht sich bei der zweiten Atmosphäre um 96,2, bei der neunten um 93,5 und bei der einundzwanzigsten um 89,0 Milliontheile zusammen; die Zusammendrückung durch eine Atmosphäre nimmt also ab, wenn der Gesammtdruck zunimmt. Ebenso verhalten sich die anderen untersuchten Flüssigkeiten, und bei gehörig gesteigertem Drucke wahrscheinlich alle. Die größte Zusammenziehung ist bis jetzt am Schwefeläther beobachtet worden, nämlich bei 11°,4 C. im Mittel 139 Milliontheile für eine Atmosphäre.

Digitized by Google

Fig. 50.

Fig. 51.

Elasticität der Gase. Bereits früher (§. 7) ist die Elasticität als eine charakteristische Eigenschaft der Gase erwähnt worden; jetzt kommt es darauf an, den Zusammenhang zwischen dem Drucke und dem Volumen aufzufinden. Dazu führen folgende Versuche: §. 41.

Eine cylindrische Glasröhre, Fig. 50, ist so umgebogen, daß ihre beiden Schenkel parallel sind; der kürzere Schenkel ist oben zugeschmolzen, der längere offen; die Röhre ist senkrecht an ein Stativ befestigt und mit einem Maßstabe versehen. Durch den offenen Schenkel wird etwas Quecksilber eingegossen und durch vorsichtiges Schütteln so viel Luft aus dem kürzeren Schenkel entfernt, daß das Quecksilber die Biegung der Röhre füllt und in beiden Schenkeln gleich hoch steht. Die im engeren Schenkel eingeschlossene Luft nimmt jetzt den Raum $a\,b$ ein und übt denselben Druck auf das Quecksilber aus, wie die Atmosphäre, mit welcher der längere Schenkel communicirt; oder die eingeschlossene Luft hat das Volumen $a\,b$ unter dem Drucke der Atmosphäre. Füllt man nun durch den offenen Schenkel Quecksilber nach, so steigt seine Oberfläche in diesem Schenkel über diejenige im geschlossenen Schenkel. Bei einem Niveauunterschiede $n\,s$, dessen Höhe dem zur Zeit der Beobachtung gemessenen Barometerstande (s. §. 19, S. 26) gleich kommt, nimmt die eingesperrte atmosphärische Luft nur noch die Hälfte ihres früheren Volumens ein. Der Druck, den das auf die Hälfte zusammengepreßte Gasvolumen ausübt und zugleich auszuhalten hat, ist gleich dem Drucke der Quecksilbersäule $n\,s$ und dem der Atmosphäre darüber, mithin doppelt so groß, als der atmosphärische Druck. Ist der offene Schenkel lang genug, so zeigt sich eine Volumsverminderung auf $\frac{1}{3}$, wenn der Niveauunterschied dem doppelten, auf $\frac{1}{4}$, wenn derselbe dem dreifachen Barometerstande gleichkommt.

Auch die Vergrößerung des Volumens der atmosphärischen Luft kann auf einfache Weise beobachtet werden. Eine einerseits geschlossene, mit einer Eintheilung ihres inneren Raumes versehene Glasröhre, Fig. 51, wird bis auf einen kleinen Rest mit Quecksilber gefüllt, mit zugehaltener Oeffnung unter das Quecksilber eines weiteren senkrecht aufgestellten, trichterförmigen Gefäßes getaucht und dann geöffnet. Taucht man die Glasröhre so tief in

Digitized by Google

das Gefäß, daß das Queckſilber im Inneren gleich hoch ſteht, wie außen, ſo nimmt die darin eingeſchloſſene Luft ein dem Drucke der Atmoſphäre entſprechendes Volumen an. Hebt man die Glasröhre empor, ſo bleibt das Queckſilber im Inneren höher ſtehen als außen, und das Volum der eingeſchloſſenen Luft nimmt zu; es verdoppelt ſich, wenn der ſenkrechte Abſtand der inneren Queckſilberoberfläche — bei *s* — von der äußeren — bei *cn* — die Hälfte des Barometerſtandes beträgt. In dieſem Falle ſteht aber die eingeſchloſſene Luft unter einem Drucke gleich dem halben atmoſphäriſchen; denn Luft und Queckſilber üben zuſammen einen der Atmoſphäre gleichen Druck aus, das Queckſilber die Hälfte davon, folglich kommt auf die Luft die andere Hälfte. Das Reſultat der Verſuche iſt demnach folgendes:

Druck in Atmoſphären.	Volumen der atmoſphäriſchen Luft.
4	$\frac{1}{4}$
3	$\frac{1}{3}$
2	$\frac{1}{2}$
1	1
$\frac{1}{2}$	2.

Und daraus ergiebt ſich als Geſetz: *das Volumen der atmoſphäriſchen Luft ſteht im umgekehrten Verhältniſſe des Druckes.* Dieſes wichtige Geſetz iſt bekannt unter dem Namen des *Mariotte'*ſchen; durch geeignete Apparate hat man es bis zum Drucke von 27 Atmoſphären verfolgt und genau beſtätigt gefunden. Es gilt aber nicht für die atmoſphäriſche Luft allein, ſondern *für alle Gaſe*, wenigſtens bis auf eine gewiſſe Grenze des vermehrten Druckes und der Verdichtung, wobei ſie ſich in tropfbare Flüſſigkeiten verwandeln, bis zu ihrem *Condenſationspunkte*. Kleine Abweichungen vom Geſetze finden jedoch ſchon in einem ziemlichen Abſtande vom Condenſationspunkte Statt, inſofern dann die Volumsveränderung raſcher vor ſich geht, als der Druck zunimmt. Schwefligſaures Gas und Ammoniakgas entfernen ſich ſehr merklich von dieſem Geſetze, ſchon ehe der Druck auf zwei Atmoſphären (vergl. §. 19) geſteigert iſt; bei 0° C. verträgt aber auch das ſchwefligſaure Gas nur eine Volumsverminderung auf etwa $\frac{2}{3}$, das Ammoniakgas auf etwas mehr als $\frac{1}{4}$, ohne tropfbar flüſſig zu werden. Mit Hülfe ſehr feiner Apparate beobachtet man auch für die Kohlenſäure bei 0° und unter gewöhnlichem Drucke deutliche Abweichungen vom Geſetze, obgleich ſie erſt durch einen Druck von etwa 38 Atmoſphären condenſirt wird. Außer der atmoſphäriſchen Luft ſind es nur noch Sauerſtoff-, Stickſtoff-, Waſſerſtoff-, Kohlenoxyd-, leichtes Kohlenwaſſerſtoffgas und Stickſtoffoxydgas, welche auf keine Weiſe condenſirt werden konnten. Den Gegenſatz zu den letztgenannten Gaſen bilden die Dämpfe, die ſich ſchon bei gewöhnlichem Drucke nur durch eine erhöhte Temperatur in Gasform erhalten können.

Digitized by Google

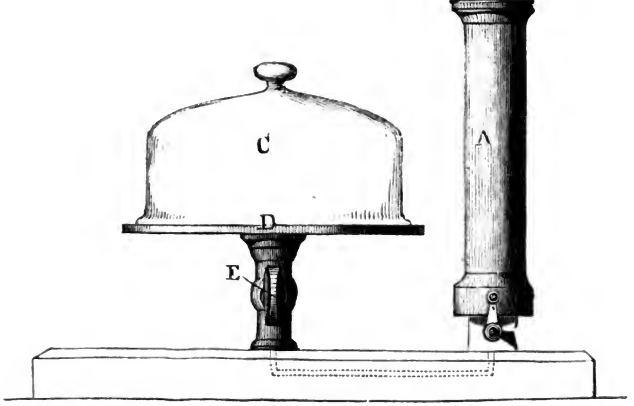
Spannkraft, Tension der Gase. Der Druck, den ein Gasvolum bei bestimmter Temperatur ausübt, giebt das Maß für seine Spannung oder Tension oder seine Spannkraft. Die Spannkraft der Gase wird bei niedrigerem Betrage so ausgedrückt, daß man die Höhe der Quecksilbersäule angiebt, deren Druck ihr das Gleichgewicht hält; sehr starke Spannkräfte pflegt man aber der Uebersichtlichkeit wegen auf die Einheit des atmosphärischen Druckes zu beziehen. §. 42.

Im engeren Sinne versteht man unter Spannkraft immer den Druck, durch welchen ein condensirbares Gas oder ein Dampf auf seine größte Dichte gebracht wird, der also nicht überschritten werden darf, ohne daß eine Condensation eintritt. Heißt es z. B. bei 32°, 2 C. sei die Spannkraft des Wasserdampfes 1″,36, so ist damit gemeint, daß bei 32°, 2 C. der Wasserdampf höchstens den Druck einer 1″,36 hohen Quecksilbersäule ertragen kann, ohne sich zu condensiren. Bei 100° C. hingegen hat der Wasserdampf eine Spannkraft von 28″. Bei —80° C. ist die Spannkraft der Kohlensäure 1,14 Atmosphären, während sie bei 0° 38,5 Atmosphären beträgt.

Wie in den angeführten Beispielen, so nimmt die Spannkraft im Allgemeinen bei steigender Temperatur zu. Der Condensationspunkt der Gase entspricht dem Siedepunkte der Flüssigkeiten, welcher ebenfalls eine um so höhere Temperatur hat, je größer der Druck ist. Wir kommen auf diesen Gegenstand in der Lehre von der Wärme (§. 69) noch einmal zurück.

Luftpumpe. Ein häufig angewandtes Instrument, dessen Wirkung auf der Elasticität der Gase beruht, ist die Luftpumpe (Fig. 52). §. 43.

Fig. 52.



Digitized by Google

Die wesentlichen Theile derselben sind der Stiefel, der Kolben, die Steuerung und der Recipient. Der Stiefel (*A*) ist eine vollkommen calibrisch

Fig. 53.

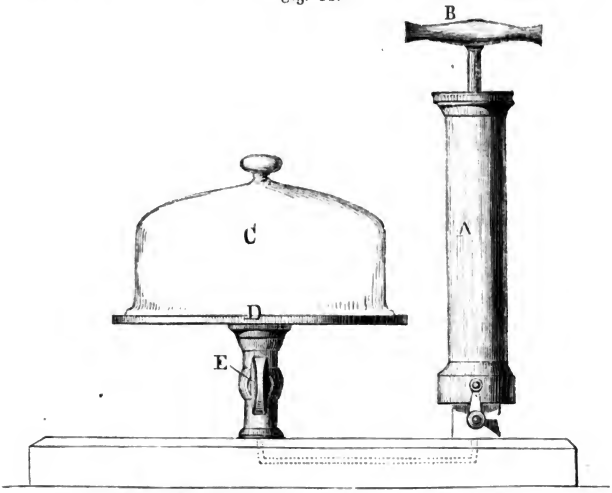
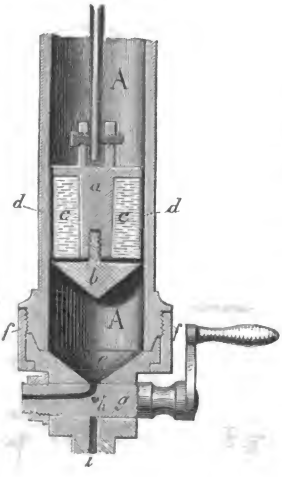


Fig. 54.



ausgearbeitete starke Röhre, gewöhnlich von Messing; in ihm bewegt sich der Kolben (*B*) luftdicht und schließt bei seiner tiefsten Stellung genau an den Boden. Dies wird durch die Constructionsweise, welche Fig. 54 nach einem doppelt so großen Maßstabe im Durchschnitte zeigt, sehr vollkommen erreicht. Der Kolben besteht aus zwei aneinandergeschraubten Messingstücken *a* und *b*, zwischen denen der Korkring *c* und darüber die Lederkappe *d* eingeklemmt ist. Wegen der Weichheit des Leders und seiner elastischen Unterlage ist dieser Kolben sehr leicht beweglich, ohne Luft durchzulassen, besonders wenn er reichlich genug mit Oel versehen wird. Der kegel-

Digitized by Google

förmige Ansatz (*b*) am Kolben paßt genau in den trichterförmigen Boden *c* des Stiefels und läßt zwischen sich und dem Steuerungshahn *g* keinen Zwischenraum. Der trichterförmige Boden des Stiefels ist durch die Schraubenkappe *f* mit dem Cylinder des Stiefels *A* verbunden, sein unterer Theil enthält die Steuerung, nämlich den Wechselhahn *g*. Bei der Stellung des Hahnes, welche in der Zeichnung aufgefaßt ist, geht eine Communication von außen nach dem Inneren des Stiefels; dreht man den Hahn um einen Viertelskreis, so wird das Innere des Stiefels durch die gerade Bohrung *h* mit dem Communicationsrohre *i* in Verbindung gesetzt, welches zum Recipienten *C*, Fig. 53, führt. Als Recipienten dienen gewöhnlich gläserne Glocken mit breiten, abgeschliffenen Rändern, die auf eine ebene Messingplatte, den Teller *D*, aufgesetzt werden; durch eine Zwischenschicht von Oel oder Fett wird diese Verbindung luftdicht. Der Hahn *E* in dem Communicationsrohre dient zum Absperren des Recipienten für sich.

Der Zweck, den man beim Gebrauche der Luftpumpe gewöhnlich vor Augen hat, besteht darin, die Luft unter dem Recipienten mehr oder weniger zu entfernen, so daß ein nahe luftleerer oder wenigstens luftverdünnter Raum entsteht. Um diesen Zweck zu erreichen, drückt man den Kolben bis auf den Boden des Stiefels, stellt den Hahn so, daß das Innere des Stiefels mit dem Recipienten communicirt, und zieht den Kolben aufwärts. Gesetzt, das Innere des Stiefels unter dem Kolben habe ein gleiches Volumen mit dem Recipienten, so ist die Luft, die ursprünglich nur den Recipienten erfüllte, auf das doppelte Volumen ausgedehnt oder ihre Dichte auf die Hälfte vermindert worden. Dreht man jetzt den Hahn, so daß er zwischen der äußeren Luft und dem Stiefel eine Verbindung herstellt, und drückt den Kolben nieder, so wird alle im Stiefel befindliche Luft nach außen entfernt. Nachdem der Hahn wieder in die erste Stellung gebracht ist, wird durch das Aufziehen des Kolbens die Dichte der Luft unter dem Recipienten wieder um die Hälfte vermindert, beträgt also nur noch ein Viertel der ursprünglichen. Hierauf wird dem Hahn wieder die zweite Stellung gegeben, der Kolben niedergedrückt u. s. f. Bei jedesmaligem Aufziehen findet eine Luftverdünnung Statt, und man sieht leicht ein, daß durch wiederholtes Aufziehen des Kolbens die Luft unter dem Recipienten zwar nicht völlig entfernt, aber doch auf jeden Grad von Verdünnung herabgebracht werden kann.

Die erste Folge der Luftverdünnung unter dem Recipienten zeigt sich darin, daß Recipient und Teller fest an einander halten; denn die verdünnte Luft im Inneren übt nicht mehr denselben Druck aus, wie die äußere Luft. Noch handgreiflicher zeigt sich der Zusammenhang zwischen der Dichte und dem Drucke der Luft bei dem Versuche mit den Magdeburger

Digitized by Google

Halbkugeln, so genannt nach dem Erfinder der Luftpumpe, Otto von Guericke, Bürgermeister von Magdeburg (geb. 1602, gest. 1686).

Fig. 55.

Zwei metallene hohle Halbkugeln, *a* und *b*, Fig. 55, werden mit ihrem breiten Rande, der zur Vervollständigung des Contactes mit Fett bestrichen ist, aneinandergesetzt. Die Hahnröhre *a c* wird auf den Teller aufgeschraubt, der Hahn so gestellt, daß das Innere der Hohlkugel mit dem Stiefel communicirt und ausgepumpt werden kann. Ist die Luft der Kugel stark verdünnt, so wird der Hahn geschlossen und die Kugeln abgeschraubt. Hat man die Luft so weit verdünnt, daß sie nur noch eine Spannkraft von $3\frac{1}{3}$ Pariser Linien oder $\frac{1}{100}$ der Dichte bei 28 Zoll Barometerstand hat, und haben die Halbkugeln an der Trennungsfläche einen Durchmesser von $\frac{1}{2}$ Fuß, so trennen sie sich erst, wenn an jeder Handhabe mit einer Kraft von 409 Pfd. gezogen wird. Der Querschnitt der Kugel an der Ansatzstelle beträgt nämlich bei 6″ Durchmesser 28,3 □ Zoll und der Druck einer Atmosphäre auf diese Fläche (vergl. §. 19) 14,6 . 28,3 = 413 Pfd.; die Luft in der Kugel übt aber bei $\frac{1}{100}$ Dichte nur $\frac{1}{100}$ dieses Druckes, nämlich 4 Pfd., aus, folglich bleibt ein Ueberdruck von außen gleich 409 Pfd.

In dem eben Erwähnten liegt auch die Erklärung des Umstandes, daß der Kolben bei vorgeschrittener Verdünnung der Luft unter dem Recipienten sehr schwer aufzuziehen ist, und daß man, wenn das Innere des Stiefels ein paar Zoll weit ist, eine gezahnte Kolbenstange und ein mit einer Kurbel versehenes Zahnrad dazu anwenden muß.

Bringt man einen Barometer unter den Recipienten der Luftpumpe, so sinkt die Quecksilbersäule in ihm bei jedem Kolbenzuge und giebt zugleich das sicherste Maß für den Grad der Verdünnung ab.

Schließt man den Recipienten oben mit einer thierischen Blase, so zieht sich dieselbe nach den ersten Kolbenzügen einwärts und wird sehr bald durch den überwiegenden Luftdruck von außen zersprengt. Legt man eine schlaff zugebundene Blase unter den Recipienten, so schwillt sie während des Auspumpens an, indem sich die Luft in ihr auf die geringere Dichte der Luft unter dem Recipienten auszudehnen strebt.

Die Luftverdünnung in dem Recipienten ist außerdem noch mit einer großen Zahl anderer Erscheinungen verbunden, die am gehörigen Orte Erwähnung finden werden.

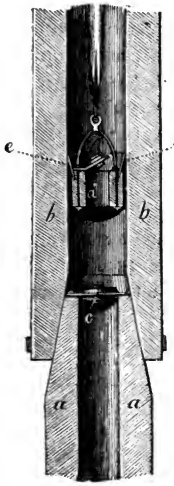
§. 44. **Saug- und Druckpumpe. Feuerspritze.** Als ein gutes Beispiel zur Erläuterung des bereits Vorgetragenen wollen wir hier die Beschreibung der gewöhnlichen Wassersaugwerke und Druckwerke einschalten.

Die gewöhnliche Saugpumpe, Fig. 56, besteht aus zwei auf einander gesteckten Röhren, der Saugröhre *a* und der Kolbenröhre *b*.

Digitized by Google

Auf der Oeffnung der Saugröhre liegt ein Ventil *c*, hier eine Klappe, die durch einen Druck von unten geöffnet, durch einen Druck von oben geschlossen und wasserdicht an den Rand der Röhre angedrückt wird. Im Kolbenrohre bewegt sich der Kolben, gewöhnlich ein hohler Holzcylinder *d* mit einem Lederrande *e* und einem Ventile *f*; der Lederrand vermittelt den wasserdichten Schluß zwischen Kolben und Röhre, das Ventil schließt und öffnet die Mündung der Bohrung im Kolben. Taucht das untere Ende der Saugröhre in Wasser, so steigt dieses aufwärts, wenn der Kolben gehoben wird. Beim Heben des Kolbens wird nämlich die Luft unter ihm verdünnt und übt dann einen geringeren Druck aus, als die äußere Luft; dadurch wird zuerst das Kolbenventil geschlossen, dann das Ventil auf dem Saugrohre geöffnet und so viel Wasser im Saugrohre gehoben, daß der Druck dieses Wassers, zum Drucke der verdünnten Luft hinzugefügt, gleichkommt dem Drucke der Atmosphäre. Drückt man den Kolben nieder, so schließt sich das Ventil des Saugrohres, dagegen das Kolbenventil öffnet sich und gestattet der Luft zwischen dem Kolben und Saugrohre freien Durchgang. Beim abermaligen Aufziehen des Kolbens steigt das Wasser wieder in der Saugröhre und dies so lange fort, bis es auf nahe 31′,5 gestiegen ist. Höher kann es aber nicht gebracht werden, selbst wenn die Luft unter dem Kolben gänzlich entfernt wäre, also auf das Wasser in der Saugröhre gar kein Luftdruck ausgeübt würde; denn bei gewöhnlichem Barometerstande ist der Druck der Atmosphäre gleich dem Drucke einer Wassersäule von 31′,5 Höhe (vergl. §. 20). Erhebt sich der Kolben nie mehr, als 31′,5 über die Oberfläche des Wassers, in dem das Saugrohr steht, so füllt sich nach und nach der ganze Raum unter dem Kolben mit Wasser, welches beim Niederdrücken des Kolbens über ihn tritt und beim Aufziehen im Kolbenrohre gehoben wird, da es durch das geschlossene Kolbenventil nicht zurückfließen kann.

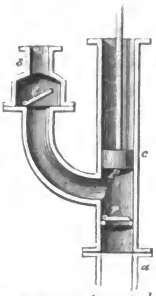
Fig 56.



Soll das Wasser im Kolbenrohre bedeutend gehoben werden, so erhält die Pumpe als Druckpumpe eine andere Einrichtung. In Fig 57 ist *r* das Ventil der Saugröhre, *c* eine metallene Kolbenröhre mit dem massiven Kolben *p*. Beim Niederdrücken des Kolbens muß das über dem

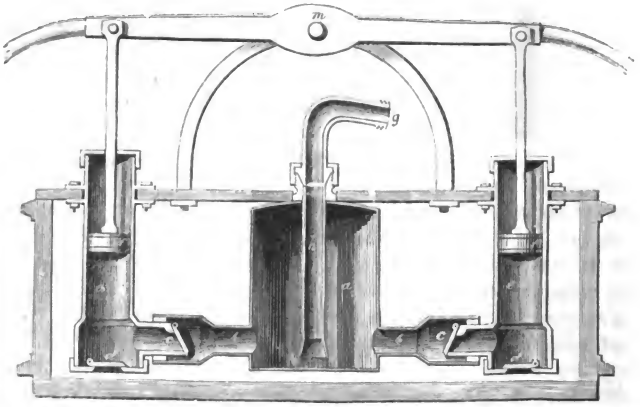
Ventile der Saugröhre befindliche Wasser durch ein Querrohr entweichen, die Klappe *l* öffnen und in die Steigröhre *s* treten. Beim Aufziehen des Kolbens schließt sich das Ventil *l* und verhindert das Zurückfließen des Wassers aus der Steigröhre. Kann nun die Kraft, mit der der Kolben niedergedrückt wird, beliebig vergrößert werden, so kann auch das Wasser in der Steigröhre jede beliebige Höhe erreichen.

Fig. 57.



Die gewöhnliche Feuerspritze, Fig. 58, ist eine Vereinigung von zwei Druckpumpen *e*, *e*, die das Wasser aus dem Spritzenkasten in den kupfernen Kessel *a*, den Windkessel, fördern. Ist der Windkessel so weit gefüllt, daß die Oeffnung des Sprungrohres *h* bedeckt ist, so wird durch das zugeführte Wasser zunächst die Luft im Windkessel zusammengepreßt und übt dann einen

Fig. 58.



Druck auf das Wasser aus, der nach dem Maße ihrer Verdichtung stärker ist, als der atmosphärische Luftdruck. In Folge dieses Druckes wird das Wasser in der Sprungröhre *h* empor- und zur Oeffnung derselben herausgetrieben. Wenn auch die Druckpumpen stoßweise wirken, so findet doch das Ausströmen aus dem Sprungrohre fast gleichmäßig Statt, weil sich die Luft im Windkessel nicht augenblicklich, sondern nach und nach ausdehnt.

§. 45. **Hydraulische Presse.** Die hydraulische oder Bramah'sche Presse, Fig. 59, ist eine Druckpumpe, die nicht Wasser heben, sondern

Digitized by Google

eine Preßplatte bewegen soll. Ihre wesentlichsten Theile zeigt Fig. 60 im Durchschnitte und nach größerem Maßstabe gezeichnet. Dieselben Theile sind in Fig. 59 und Fig. 60 mit denselben Buchstaben bezeichnet. In dem mit Wasser gefüllten Gefäße *b* befindet sich eine Druckpumpe,

Fig. 59.

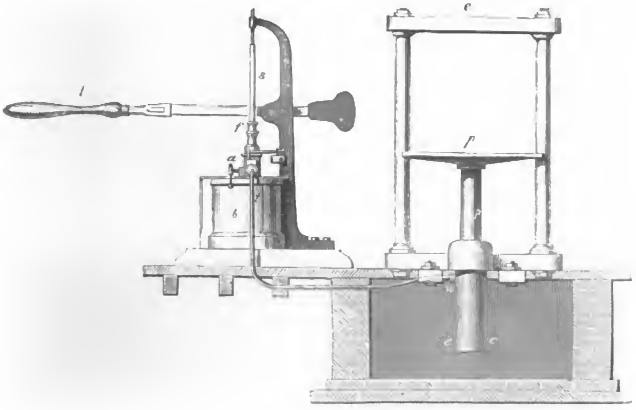
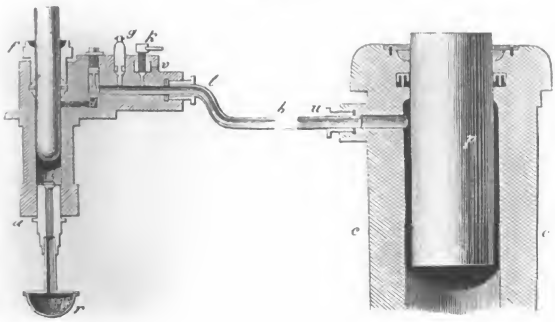


Fig. 60.



deren Saugröhre, um das Eindringen von Unreinigkeiten zu verhüten, mit einem Siebe *r* versehen ist; *i* ist das Ventil des Saugrohres, welches sich beim Heben des Kolbens *s* öffnet und Wasser in die Pumpen-

Digitized by Google

röhre einläßt, beim Niederdrücken aber ſchließt, ſo daß das eingedrungene Waſſer nur zwiſchen Kolben und Kolbenröhre in dem Kanal *z* entweichen und, nachdem das Kegelventil *d* gehoben iſt, durch die Röhre *t b u* in den Cylinder *c* gelangen kann. Beim Aufziehen des Kolbens fällt

Fig. 61.

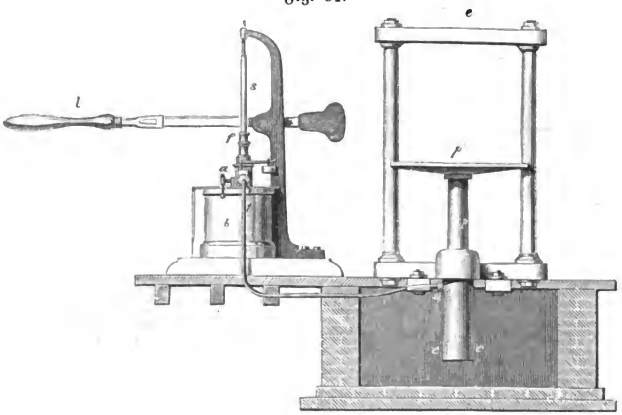
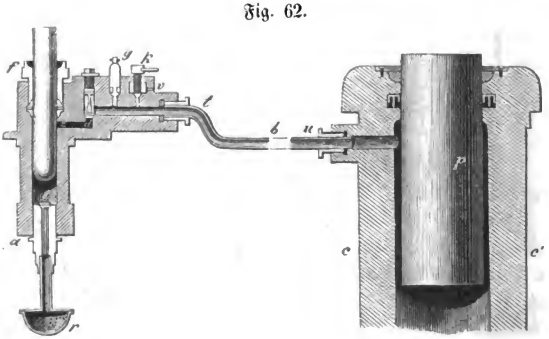


Fig. 62.

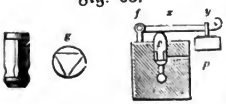


das Ventil *d* wieder zu, die Kolbenröhre füllt ſich von Neuem mit Waſſer, und dieſes geht beim Niederdrücken des Kolbens in den Cylinder *c* über. So füllt ſich der Cylinder *c* nach und nach mit Waſſer, und da

Digitized by Google

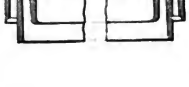
dieses sehr wenig zusammendrückbar ist, so muß es sich durch Empordrängen des großen Kolbens p Raum verschaffen. Mit dem Kolben p ist die Platte p' fest verbunden; indem diese mit dem Kolben emporsteigt, wird der Raum zwischen ihr und dem Widerlager e vermindert und dadurch ein zwischengelegter Körper zusammengedrückt. Die Bewegung des Kolbens der Druckpumpe geschieht vermittelst des Hebels l. Ist nun, wie in beistehender Figur, die Entfernung des Angriffspunktes für die Hände vom Drehungspunkte etwa das Neunfache von derjenigen, in welcher der Kolben Widerstand leistet, so findet das Gleichgewicht zwischen dem Drucke der Hände und einem neunmal so großen Kolbendrucke Statt (vergl. §. 12). Den Druck der Hände kann man für einen Mann von mittlerer Stärke und für eine kurze Arbeitszeit zu 70 Pfund annehmen, ein Mann kann demnach den Kolben bis auf einen Gegendruck von $9 \cdot 70 = 630$ Pfd. abwärts bewegen. Dieser Druck pflanzt sich aber im Inneren des Kolbenrohres, Verbindungskanals und Preßcylinders gleichmäßig fort, und jede Fläche von gleicher Größe mit dem Querschnitte des Kolbens hat ebenso viel auszuhalten. In Fig. 62 verhalten sich die Durchmesser der beiden Kolben zu einander umgefähr wie 1 : 3,5; folglich ihre Querschnitte wie 1 : 12,25; demnach ist der Druck, durch welchen der große Kolben p aufwärts getrieben und der zwischen den Preßplatten befindliche Körper zusammengepreßt wird, $12{,}25 \cdot 630 = 7717{,}5$ Pfund. Damit der Druck eine gewisse Grenze nicht übersteigt, ist bei g ein Sicherheitsventil angebracht. Fig. 63 stellt dasselbe besonders dar. Das Metallstück g mit seinem kegelförmigen Ende wird durch das Gewicht p am Ende des Hebels fy niedergedrückt und hebt sich erst, wenn der Druck des Wassers von unten stärker wird, als der Druck des Hebels von oben. Sobald sich aber der Kegel gehoben hat, kann das Wasser durch einen Seitenkanal ausfließen und hört auf zu drücken. Ist z. B. das Gewicht $p = 25$ Pfd., verhält sich fx zu fy wie 1 : 4; so wird der Kegel g mit einer Kraft von 100 Pfund niedergedrückt. Beträgt der Querschnitt des Kegels, wo er mit dem Wasser in Berührung kommt, $\frac{1}{8}$ Quadratzoll, so öffnet sich das Ventil erst, wenn der Druck auf einen Quadratzoll im Inneren der Presse 800 Pfund übersteigt.

Fig. 63.



Um den Kolben leicht beweglich und zugleich dicht schließend zu erhalten, sind unter dem Schraubenringe der Druckpumpe f Lederstreifen eingepreßt.

Fig. 64.



Für denselben Zweck dient bei dem Kolben p ein umgebogener Lederstreif, Fig. 64, der in die ringförmige Nuth am Ende des Cylinders c eingelegt und durch einen auf die hohe Kante gestell-

Digitized by Google

ten Metallring in gehöriger Lage erhalten wird. Das Waſſer preßt von unten zugleich auf beide Ränder des Lederſtreifens, drückt den einen gegen die Wand des Cylinders, den anderen gegen den Kolben.

Die Wirkung der hydrauliſchen Preſſe hört auf, ſobald das Waſſer neben den Kolben nach außen gelangen kann. Deshalb werden die Kolben zwiſchen Leder eingepreßt und bewegen ſich mit ſo großem Widerſtande, daß gewöhnlich ein Dritttheil der Druckkraft nur zur Ueberwindung deſſelben verwendet wird. Allein trotzdem iſt ein Druck von mehreren hunderttauſend Pfund zu erreichen.

§. 46. **Compreſſionspumpe, Windbüchſe.** Eine Vorrichtung, die mit der hydrauliſchen Preſſe viel Aehnlichkeit hat, iſt die Compreſſionspumpe, wie ſie zum Verdichten und Condenſiren von Gaſen gebraucht wird. Sie iſt eine Druckpumpe, Fig. 65, in der ſich anſtatt des Waſſers Luft bewegt.

Fig. 66.

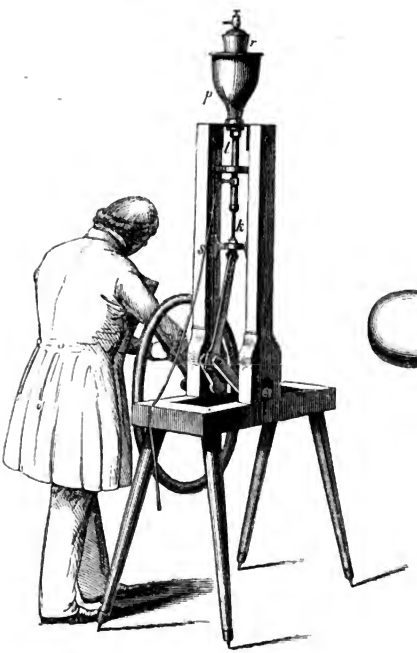
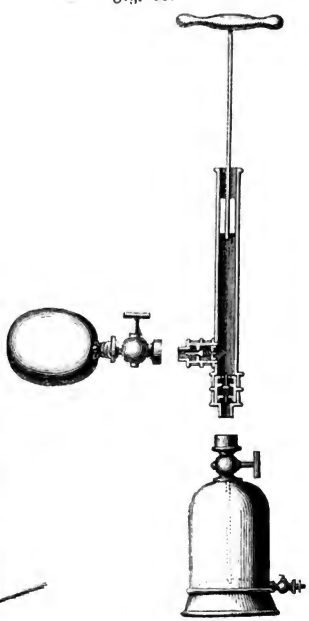


Fig. 65.



Digitized by Google

Fig. 67.

Die Ventile sind Kegelventile, die durch Spiralfedern zugedrückt werden. Um Gase zu condensiren, verbindet man das Saugventil durch einen Schlauch *s*, Fig. 66, mit dem Raume, in welchem das Gas aufbewahrt wird, das andere Ventil mit einer metallenen dickwandigen Büchse *r*, die gewöhnlich zur Beschleunigung der Condensation noch mit einer im Gefäße *p* befindlichen Kältemischung umgeben ist. Die Pumpe *l* wird der Bequemlichkeit wegen in ein Stativ befestigt und der Kolben *k* durch eine Kurbel bewegt.

Einfacher sind die Druckpumpen für Windbüchsen, Fig. 67. Sie werden auf das Luftreservoir der Büchse aufgeschraubt. Beim Aufziehen des Kolbens tritt Luft durch eine Seitenöffnung am oberen Theile des Stiefels ein und geht durch ein Ventil, welches der Kolben in seiner tiefsten Stellung öffnet, in das Reservoir. Die Luft im Reservoir wird auf den Druck von 8—10 Atmosphären verdichtet. Ist dies geschehen, so schraubt man anstatt der Pumpe Schloß und Rohr auf. Das Schloß, Fig. 68, 69 und 70, treibt beim Abdrücken einen Stift gegen das Ventil des Reservoirs und öffnet dieses für einen Augenblick, während dessen die comprimirte Luft mit Heftigkeit heraustritt und bei ihrer Ausdehnung die Kugel, deren Ausweichen eine Volumvergrößerung möglich macht, aus

Fig. 68.

Fig 69.

Fig. 70.

dem Laufe treibt. Die Kugel verläßt das Rohr mit um so größerer Schnelligkeit, je größer der Ueberdruck der verdichteten Luft im Reservoir über den gewöhnlichen Luftdruck ist. Die ersten Schüsse einer Windbüchse sind daher schärfer, als die folgenden, denn bei jedem Schusse entweicht etwas Luft aus dem Reservoir.

Digitized by Google

3. Adhäsion.

§. 47. Reibt man zwei vollkommen ebene Platten so lange an einander, bis die Luft zwischen ihnen verdrängt ist, so halten sie fest zusammen; ein kräftiger Zug gehört zu ihrer Trennung, obgleich sie sehr leicht an einander verschoben werden können. So hat man in Spiegelfabriken oft die Erfahrung gemacht, daß geschliffene Glastafeln kaum ohne Beschädigung von einander gehoben werden können, nachdem sie einige Zeit zusammenlagen. Bei sehr feiner Vertheilung legen sich starre Körper als Staub überall an, selbst, der Schwere zuwider, an geneigten und nach unten gekehrten Flächen, und zwar so fest, daß sie oft durch Schütteln nicht entfernt werden können.

Diese Anhaftung nennt man Adhäsion. Ihre Ursache ist eine Anziehungskraft, die zwischen allen Körpern bei der Berührung wirksam wird. Die Stärke der Adhäsion ist nach der Art der sich berührenden Körper sehr verschieden, überwiegt aber häufig die Anziehung der Schwere.

Zwischen getrennten Flüssigkeitsmassen von einerlei Art, wie zwischen zwei Wassertropfen, ist die Adhäsion immer so stark, daß dieselben ganz zusammenfließen, wenn sie sich auch nur an einer Stelle berührt haben, und daß von der früheren Trennungsfläche keine Spur mehr übrig bleibt. Bei tropfbaren Flüssigkeiten verschiedener Art kann sich die Adhäsion häufig und bei den Gasen stets deshalb nicht geltend machen, weil zwischen ihnen gegenseitige Durchdringung stattfindet (vergl. §. 53 und §. 54).

Tropfbare Flüssigkeiten hängen überhaupt nur durch Adhäsion zusammen; deshalb nehmen sie in frei schwebenden oder fallenden kleinen Massen stets die Form kugeliger Tropfen an, indem bei dieser Form die Ausdehnung der Oberfläche am kleinsten ist, also die Flüssigkeitstheilchen so vielfach mit einander in Berührung gekommen und so eng an einander gelagert sind, als es überhaupt möglich ist. Die Anziehung der Adhäsion hat jedoch nicht bei allen Flüssigkeiten gleiche Stärke, denn die durchschnittliche Größe ihrer Tropfen ist sehr ungleich. Aethertropfen sind im Allgemeinen kleiner als Alkoholtropfen, dem Alkohol folgt das Wasser, diesem fettes Oel u. s. w. Fettes Oel hängt also stärker an einander, als Wasser, dieses stärker, als Alkohol u. s. w.; denn je energischer die Adhäsion wirkt, desto größere Flüssigkeitsmassen werden durch sie in Kugelform zusammengezogen.

Die Adhäsion verändert die Wirkungen der Schwere auf tropfbare Flüssigkeiten in mannichfacher Weise. Ein dünner Flüssigkeitsstrahl, der

Digitized by Google

durch Druck aus einer feinen Oeffnung herausgepreßt ist, trennt sich in eine Reihe größerer Tropfen, indem die linear hinter einander gelegenen Flüssigkeitstheilchen in eine innigere Berührung zu kommen suchen.

Die freie Oberfläche einer Flüssigkeit befindet sich immer in einem anderen Zustande, als das Innere. Im Inneren wird jedes Theilchen durch Adhäsion nach allen Seiten hin gleich stark gezogen; die Züge von entgegengesetzten Seiten heben sich auf. Die Theile auf der Oberfläche erleiden aber nur einen Zug nach innen und nach der Seite, sie werden so in einen Zustand der Spannung versetzt, der eine größere Steifheit und Unbeweglichkeit zur Folge hat. Dies zeigt sich in einer Reihe von Thatsachen, die auf den ersten Augenblick sehr überraschen. Fein gepulverte Steine, feine Metallspäne, ja sogar größere Metallstücke erhalten sich, trotz ihrer größeren Dichte, auf der Oberfläche des Wassers (vergl. §. 21) und sinken erst, wenn sie einmal unter die Oberfläche getaucht wurden. Legt man eine trockene Nähnadel, die von der Fabrication her mit einer dünnen Schicht von Oel überzogen ist, vorsichtig auf Wasser, so schwimmt sie; sie erzeugt durch ihr Gewicht eine rinnenförmige Vertiefung, ohne im Geringsten in das Wasser einzutauchen. Drückt man aber die Nadel mit einem Ende unter die Oberfläche, so sinkt sie sogleich. Die Oberfläche des Wassers leistet also einen Widerstand, der im Inneren nicht stattfindet.

Auf denselben Umstand kommt das Blasenwerfen vieler, besonders zäher, Flüssigkeiten hinaus. Bläst man Luft vermittelst eines feinen Röhrchens durch eine Seifenlösung, so steigen die einzelnen Luftblasen nach den Gesetzen der Schwere (vergl. §. 21) sehr leicht bis zur Oberfläche, hier angekommen, werden sie aber länger angehalten. Die innere Flüssigkeit weicht vor der viel leichteren Luft zurück, aber die Oberfläche widersteht dem Drucke und schwillt zu einer Blase auf. Die Oberfläche erscheint hier getrennt von der inneren Flüssigkeit, als eine elastische Lamelle, die bei zunehmendem Drucke von innen sich zuerst ausdehnt und dann platzt.

Auf einem feinen Eisensiebe kann man beträchtliche Mengen Quecksilber erhalten. Das Quecksilber drängt sich in jede Masche des Siebes mit gekrümmter Oberfläche hinein, ohne hindurchzufließen, ehe der Druck eine gewisse Stärke erreicht hat. Das Hindurchfließen findet aber sogleich Statt, wenn man den Boden des Siebes mit einer Quecksilberfläche in Berührung bringt. Auch hier zeigt sich die Zähigkeit der Oberfläche. Der Druck des Quecksilbers war nicht stark genug, die Oberfläche zu sprengen; hebt man aber durch Eintauchen in Quecksilber die Oberfläche zwischen den Maschen des Siebes auf, so beginnt das Durchfließen augenblicklich. Dasselbe Verhalten bietet Wasser in einem geölten Haarsiebe. Auch kommt damit überein, daß Flüssigkeiten aus engen Oeffnungen,

Digitized by Google

deren Ränder sie nicht benetzen, nur durch beträchtlichen Druck zum Ausfluß gebracht werden können.

Zwischen tropfbaren Flüssigkeiten und starren Körpern ist die Adhäsion sehr kräftig wirksam. Nicht allein Wassertropfen haften an Glastafeln so fest, daß sie nach dem Umkehren hängen bleiben, sondern auch Quecksilbertröpfchen. Dennoch ist in beiden Fällen die Art der Adhäsion eine sehr verschiedene. Ein Wassertropfen breitet sich auf Glas aus und verflacht sich allmälig gegen den Rand hin; er *benetzt* das Glas. Ein Quecksilbertröpfchen ändert zwar seine reine Kugelform und drückt sich etwas breit, aber es verliert sie doch nicht gänzlich, sondern behält einwärtsgebogene Ränder; Quecksilber *benetzt* das Glas *nicht*. Die Verschiedenheit des Erfolges beruht hier darauf, daß zwei Arten von Adhäsion zugleich wirksam sind, nämlich die Adhäsion der Flüssigkeitstheilchen unter sich und die Adhäsion zwischen Flüssigkeit und starren Körpern. Wird die erste Anziehung durch die zweite überboten, so tritt Benetzung ein, der Tropfen wird auseinandergezogen; im entgegengesetzten Falle findet keine Benetzung Statt, der Tropfen erhält sich.

Damit stimmen auch die Erscheinungen auf das Vollkommenste überein, die man beim Losreißen einer Platte von einer sie berührenden Flüssigkeit beobachtet. Eine nicht benetzende Flüssigkeit trennt sich rein von der Platte ab, z. B. Quecksilber von Glas. Von einer benetzenden Flüssigkeit hingegen bleibt ziemlich viel an der Platte hängen; die Trennung findet nicht zwischen Flüssigkeit und Platte, sondern zwischen Flüssigkeit und Flüssigkeit Statt, wie bei Glas und Wasser. Das Zusammenhaften zweier starrer Flächen wird demnach auch durch eine benetzende flüssige Zwischenschicht stets beträchtlich vermehrt.

Die Adhäsion zwischen starren und elastischflüssigen Körpern zeigt sich, wenn auch minder augenfällig, doch ganz bestimmt, in der *Absorption*, d. h. in der Bildung einer die Oberfläche des starren Körpers überziehenden und an ihr haftenden Schicht von verdichtetem Gase. Die allgemeine Folge davon ist die, daß ein starrer Körper an Gewicht zunimmt, wenn er längere Zeit von einem Gase umgeben war. Frisch geglühte Kohle wird z. B. nach längerem Liegen an der Luft um 10 — 20 Procent schwerer. Durch die Absorption eines schwer condensirbaren (vergl. §. 41 und §. 69) Gases, deren Verhältnisse später (vergl. §. 49) genauer besprochen werden, wird das Aussehen der Oberfläche starrer Körper durchaus nicht verändert. Leicht condensirbare Gase dagegen, wie die Dämpfe, verwandeln sich sehr bald in einen tropfbarflüssigen Ueberzug oder Beschlag. Darauf beruht das Feuchtwerden oder die *hygroskopische Beschaffenheit* vieler Körper in freier, stets Wasserdampf enthaltender

Digitized by Google

Luft. Die Menge des auf dieſe Weiſe aufgenommenen oder hygroſkopiſchen Waſſers hängt hauptſächlich von drei Umſtänden ab. Sie iſt um ſo größer, erſtens, je mehr Oberfläche ein Körper darbietet, zweitens, je vollkommener er vom Waſſer benetzt, und drittens, je leichter er von ihm durchdrungen wird. Poröſe und gepulverte Körper ſind hygroſkopiſcher, als maſſive; ein Ueberzug von Oel oder Harz als Firniß oder Lack, ſchützt das Holz vor dem Feuchtwerden, und der feinſt gepulverte Quarz entzieht der Luft weniger Waſſer, als eine gleiche Gewichtsmenge gröblich zerſtoßenes Chlorcalcium. Die organiſchen Körper faſt ohne Ausnahme werden von dem an der Oberfläche abſorbirten Waſſer durchdrungen und ſind deshalb in freier Luft nur bei Temperaturen, höher, als der Siedepunkt des Waſſers, einigermaßen trocken zu erhalten. Die Hölzer enthalten z. B. im völlig lufttrockenen Zuſtande, d. h. nachdem ſie 10 bis 12 Monate der Luft ausgeſetzt waren, ungefähr 20 % Waſſer, welches ſie bei dem Siedepunkte des Waſſers verlieren, aber auch, der Luft von Neuem ausgeſetzt, wieder aufnehmen. Mit dem Gehalte an hygroſkopiſchem Waſſer nimmt das Volumen der organiſchen Körper ab und zu; dies zeigt ſich unter Anderem darin, daß beim Austrocknen das Holz ſchwindet oder gar ſpringt, daß Haare und Fiſchbein kürzer werden.

Häufig nimmt die Menge des abſorbirten Waſſers ſo weit zu, daß ſich der ſtarre Körper darin auflöſt, daß er zerfließt, wie Kali und Chlorcalcium.

Die Adhäſion nimmt bei Erwärmung beträchtlich an Stärke ab. Ein Pulver, welches ſich kalt an einen Platintiegel feſt anlegt, bewegt ſich bei der Glühhitze faſt wie eine Flüſſigkeit im Tiegel. Ein Tropfen Waſſer, Oel, geſchmolzener Borax, der ſonſt an einem Metall hängen bleibt, zieht ſich von der erhitzten Stelle eines ſchräg gehaltenen Drahtes auch nach aufwärts zurück. Zwiſchen Metallen und faſt allen Flüſſigkeiten hört die Benetzung bei einer beſtimmten Temperaturgrenze auf. Macht man z. B. einen Platintiegel weißglühend und tropft Waſſer hinein, ſo zieht ſich das Waſſer in Form einer Kugel zuſammen und geräth in eine rotirende Bewegung, ohne viel zu verdampfen. Läßt man den Tiegel erkalten, ſo tritt die Benetzung unter raſcher Dampfentwickelung und ſtarkem Spritzen erſt ein, lange nachdem derſelbe aufgehört, ſichtbar zu glühen.

Die Adhäſion iſt eine nur der äußerſten Oberfläche angehörige Wirkung, denn dünne und dicke Platten zeigen gleiche Adhäſionserſcheinungen, und der dünnſte Ueberzug über eine Platte ändert die Stärke der Wirkung ab.

Die Adhäſion dient der Technik auf die mannichfaltigſte Weiſe; auf ihr beruht z. B. das Nageln, Leimen, Anſtreichen, Zeichnen und Drucken.

Digitized by Google

In den folgenden Paragraphen wollen wir noch einige besonders wichtige Adhäsionserscheinungen genauer erörtern.

§. 48. **Capillarität.** Am Rande der Gefäße und in der Nähe eingetauchter Körper weicht die freie Oberfläche tropfbarer Flüssigkeiten stets von der horizontalen Ebene ab, die ihr durch die Schwere allein gegeben werden würde (vergl. §. 16), indem hier die Adhäsion einen störenden Einfluß ausübt. Wird ein eingetauchter Körper benetzt, so zieht sich die Flüssigkeit an ihm in die Höhe und bildet eine aufwärts gebogene Abrundung, wie Wasser an Glas; wenn hingegen keine Benetzung stattfindet, so steht die Flüssigkeit am Rande tiefer und bildet eine abwärts gebogene Abrundung, wie Quecksilber an Glas. Uebrigens ist der Betrag der Hebung und Senkung am Rande, wie der Grad der Benetzung von einer Flüssigkeit zur anderen und von einem starren Körper zum anderen sehr verschieden.

Die Erklärung dieser Erscheinung unterliegt keinen Schwierigkeiten, wenn man berücksichtigt, daß jedes Flüssigkeitstheilchen auf der Oberfläche einen dreifachen Zug erleidet, nämlich erstens durch die Schwere senkrecht abwärts, zweitens durch die Adhäsion der an ihm anliegenden, ebenfalls auf der Oberfläche befindlichen Theilchen seitwärts, und drittens durch die Adhäsion des unter ihm befindlichen Theilchens nach innen. Entfernt vom Rande fällt der Seitenzug überallhin gleich aus und wird dadurch aufgehoben, der Zug nach innen wirkt in gleichem Sinne mit der Schwere; die Oberfläche wird daher horizontal, als ob die Schwere allein auf die Flüssigkeit einwirkte. Unmittelbar am Rande stellen sich aber die Verhältnisse anders; die Flüssigkeitstheilchen sind einem Seitenzuge ausgesetzt, der nicht überallhin gleich ist.

Im Falle der Benetzung überwiegt der Zug gegen die Wand den Zug nach der Flüssigkeit, denn die Adhäsion zwischen der Wand und der Flüssigkeit ist größer, als die Adhäsion zwischen zwei aneinanderliegenden Flüssigkeitstheilchen. Die Oberfläche der Flüssigkeit kann aber nicht eher in Ruhe kommen, als bis jedes Theilchen an ihr überallhin gleich stark gezogen wird; sie kann daher in der Ruhe nicht bis zum Rande horizontal sein, vielmehr muß sie sich hier über das Niveau der Mitte erheben und eine Neigung vom Rande abwärts erhalten. Die Flüssigkeitstheilchen am Rande haben also erstens die über das Niveau gehobenen daneben und darunter befindlichen Flüssigkeitstheilchen zu tragen, und zweitens suchen sie an der entstandenen geneigten Fläche vom Rande abzugleiten; beide Umstände wirken in einem solchen Maße, daß dadurch die überwiegende Anziehung der Adhäsion am Rande aufgehoben wird.

Wird die Wand von der Flüssigkeit nicht benetzt, so wirken beide Umstände in dem entgegengesetzten Sinne; denn die Adhäsion zwischen der Wand

Digitized by Google

und der Flüssigkeit ist dann geringer, als zwischen den einzelnen Flüssigkeitstheilchen. Die Flüssigkeit muß deshalb am Rande unter das Niveau der Mitte sinken und eine gegen den Rand hin geneigte Fläche bilden.

Bringt man zwei Platten zugleich in eine Flüssigkeit und nähert sie hinlänglich an einander, so gehen die Krümmungen der Flüssigkeitsoberfläche in einen Bogen zusammen, der von der Kreisform wenig abweicht, und der um so mehr gekrümmt wird, je geringer der Abstand der Platten ist. Die Wirkung beider Ränder tritt hier zu einem gemeinsamen Erfolge zusammen, der aber nicht blos darin besteht, daß sich die Flüssigkeitsoberfläche von einem Rande zum anderen mehr oder weniger kurz umbiegt, sondern daß zugleich die Mitte des Bogens über das allgemeine Niveau der Flüssigkeit gehoben oder gesenkt wird. Und zwar ist eine vertieft-kreisförmige Fläche mit einer Hebung, eine erhaben-kreisförmige mit einer Senkung verbunden. Wasser steigt zwischen Glasplatten in die Höhe, Quecksilber senkt sich.

Die Hebung und Senkung nimmt auf das Doppelte zu, wenn man anstatt zweier Platten ein cylindrisches Rohr nimmt, dessen innerer Durchmesser dem Abstande der Platten entspricht. Die Oberfläche der Flüssigkeit in einem solchen Rohre nimmt eine hohle Kugelform (Fig. 71) an, wenn die Rohrwand benetzt wird, eine erhabene Kugelform (Fig. 72) im entgegengesetzten Falle.

Fig. 71.

Fig. 72.

In einer Glasröhre von 0‴,8 Durchmesser steigt das Wasser bei $8^0,5$ C. so hoch, daß die tiefste Stelle seiner concaven Oberfläche 7‴,8336 vom äußeren Niveau entfernt ist; einem Röhrendurchmesser von 0‴,4 entspricht eine Hebung von 15‴,8672, endlich einem Röhrendurchmesser von 0‴,2 die Hebung 31,8343. Die Röhrendurchmesser stehen hier in dem Verhältnisse 4 : 2 : 1, und die Höhen der Hebung ziemlich genau in dem Verhältnisse 1 : 2 : 4; denn es ist

$$2 \times 7‴,8336 = 15‴,8672 - 0‴,2000$$
$$2 \times 15‴,8672 = 31‴,8343 - 0‴,0999.$$

Und dies gilt als allgemeines Gesetz für die Hebung sowohl, als für die Senkung in engen Röhren.

Am genauesten kennt man das Verhalten des Glases gegen Flüssigkeiten in dieser Hinsicht. Die folgende Tabelle giebt an, wie hoch verschiedene Flüssigkeiten in einem Glasrohre emporsteigen, wenn man die Höhe, bis zu der das Wasser emporsteigt, als Einheit gelten läßt.

Digitized by Google

Tabelle über die capillare Hebung von Flüssigkeiten in Glasröhren.

	Temperatur	Dichte	Hebung
Wasser	0° C.	1,000	1,00
»	6,5	0,999	0,95
Schwefelsäure	17,5	1,782	0,54
»	17,5	1,127	0,88
Chlorwasserstoffsäure	17,5	1,153	0,81
»	17,5	1,057	0,91
Salpetersäure	16	1,500	0,37
»	16	1,372	0,57
Essigsäure	19	1,068	0,47
Weinsäure	19	1,114	0,87
Aepfelsäure	13	1,136	0,80
Citronensäure	13	1,140	0,79
Kali	19	1,405	0,42
»	19	1,274	0,79
Kohlensaures Kali	16	1,530	0,79
Schwefelsaures Natron	15	1,154	0,92
Schwefelsaures Eisenoxydul	19	1,212	0,82
Chlorammonium	19	1,070	0,94
Essigsaures Natron	19	1,150	0,83
Weinsaures Kali	19	1,475	0,76
Zucker	19	1,185	0,88
Alkohol	17	0,967	0,50
»	17	0,810	0,38
Aether	19	0,728	0,53
Terpenthinöl	13	0,897	0,44
Mandelöl	13	0,916	0,48

Da man enge Röhren wohl auch Haar- oder Capillarröhren nennt, so bezeichnet man die Hebung und Senkung von Flüssigkeiten in ihnen mit dem Namen Capillarität, Capillarattraction und Capillardepression.

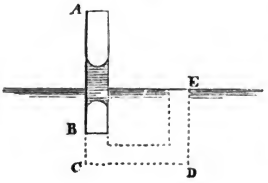
Die Capillarität ist übrigens, wie die Krümmung der Flüssigkeitsoberfläche am Rande, eine Wirkung der Adhäsion. Bereits früher haben wir

Digitized by Google

gezeigt, wie jede Flüssigkeitsoberfläche durch die Adhäsion einen Zug nach innen erleidet. Die Stärke dieses Zuges ist jedoch — obgleich wir hier ohne Anwendung mathematischer Betrachtungen keine Rechenschaft davon geben können — abhängig von der Form der Oberfläche; der Zug ist bei hohler Oberfläche schwächer, als bei ebener, und bei dieser wieder schwächer, als bei erhabener, mit der Krümmung nimmt er in beiden Fällen ab und zu.

Denkt man sich von der Capillarröhre *AB*, Fig. 73, den Flüssigkeitscanal *CDE* bis auf das horizontale Niveau fortgesetzt, so entsteht ein communicirendes Rohr *ABCDE*. In beiden Schenkeln wird die Flüssigkeitssäule senkrecht abwärts gezogen, erstens durch die Schwere und zweitens durch den Zug der Adhäsion nach innen. Für das Gleichgewicht muß die Summe dieser beiden Züge auf beiden Seiten gleich sein. Folglich muß der Zug der Schwere auf die Flüssigkeit im Capillarrohre *AB* stärker wirken, als im Schenkel *DE*, weil die Flüssigkeit im ersten eine concave, im letzten eine horizontale Oberfläche hat und demzufolge der Zug der Adhäsion nach innen im ersten schwächer ist, als im letzten. Je geringer der Durchmesser des Capillarrohres ist, desto gekrümmter wird die Oberfläche der Flüssigkeit in ihm, desto geringer fällt der Zug der Adhäsion nach innen aus, desto mehr muß der Zug der Schwere im Capillarrohre überwiegen. Der Zug der Schwere kann aber nur vermehrt werden durch Verlängerung der Flüssigkeitssäule; die Flüssigkeit muß also in einem Capillarrohre über dem äußeren Niveau stehen, und der Abstand vom Niveau muß um so beträchtlicher sein, je geringer der Röhrendurchmesser ist. Das Entgegengesetzte gilt für eine nicht benetzende Flüssigkeit, welche im Capillarrohre eine erhaben-gekrümmte Oberfläche annimmt.

Fig. 73.



Die Richtigkeit dieser Erklärung bewährt sich in folgendem einfachen Versuche. Ist bei einer heberförmig gebogenen Röhre mit ungleich weiten Schenkeln der weitere Schenkel länger, als der engere, und bringt man nach gehöriger Benetzung der Wände Weingeist in dieselbe, so steht dieser im engeren Schenkel höher, als im weiteren, denn seine Oberfläche nimmt im ersten eine gekrümmtere Form an, als im anderen. Gießt man nun durch den weiteren Schenkel vorsichtig Weingeist nach, bis er das Ende des kürzeren Schenkels erreicht, und bis sich seine Oberfläche an diesem Ende einebnet, so steigt er im weiteren Schenkel bei concaver Oberfläche etwas höher. Bei fortgesetztem Zutropfen von Weingeist wird

Digitized by Google

seine Oberfläche am Ende des engeren Schenkels convex, während sie im weiteren Schenkel concav bleibt. Dann aber steht der Weingeist im weiteren Schenkel um eben so viel höher, als er vorher niedriger stand. Bei diesem Versuche sieht man, wie bei einer und derselben Flüssigkeit die Höhe des Ansteigens in einer Capillarröhre von der Form ihrer Oberfläche abhängig ist.

Aus der Capillarität erklären sich mannichfaltige Erscheinungen, z. B. das Naßwerden von Sand, Erde und Mauerwerk auf feuchtem Grunde, das Aufziehen von Weingeist und Oel in den Lampendochten, die Wirkung des Löschpapieres und der Handtücher, das Auffaugen des Schweißes durch die Kleidung.

In der Capillardepression liegt auch die Ursache, warum der Barometerstand in einem Gefäßbarometer stets etwas niedriger gefunden wird, als in einem Schenkelbarometer (vergl. S. 25). Da man jedoch nur solche Röhren zu Barometern verwendet, deren Querschnitt, wenigstens im oberen Theile, sich gleich bleibt, so bleibt auch die Capillardepression immer dieselbe und kann dadurch für die Beobachtung beseitigt werden, daß man die Scala nach einem Schenkelbarometer, also mit ihrem Anfange, etwas unter das Queckſilberniveau im Gefäße einstellt.

§. 49. **Absorption von Gasen durch starre Körper.** Löscht man eine glühende Kohle unter Queckſilber ab, so daß sie während ihrer Abkühlung nicht mit Luft in Berührung kommt, steckt sie dann von unten in eine Glocke, Fig. 74, in welcher kohlensaures Gas durch Queckſilber abgesperrt ist, so mindert sich das Volumen des Gases zusehends, die Kohle macht mehr, als das Dreifache ihres Volumens Gas verschwinden; sie absorbirt das Gas. Wie die Kohle, so sind aber auch alle anderen porösen starren Körper mit einem größeren oder geringeren Absorptionsvermögen gegen Gase begabt, und zwar werden, wie die folgende Tabelle zeigt, diejenigen Gase am reichlichsten absorbirt, welche am leichtesten condensirt werden können.

Fig. 74.

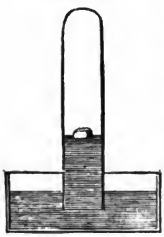


Tabelle über die Absorption von Gasen durch starre Körper.

	Meerschaum	Klebschiefer	Holzasbest	Haselholz	Tannenholz	Leinfaden	Wolle	Seide	Buchsbaumkohle.
Ammoniakgas . .	15,00	113,00	12,75	100,00	—	68,00	—	78,0	90,00
Kohlensäuregas .	5,26	2,00	1,70	1,10	1,10	0,62	1,70	1,10	35,00
Oelbildendes Gas	3,70	1,50	1,70	0,71	—	0,48	0,57	0,50	35,00
Kohlenoxydgas .	1,17	0,55	0,58	0,58	—	0,35	0,30	0,30	9,42
Sauerstoffgas . .	1,49	0,70	0,47	0,47	0,50	0,35	0,43	0,44	9,25
Stickstoffgas . . .	1,60	0,70	0,47	0,30	0,21	0,33	0,24	0,12	7,50
Wasserstoffgas . .	0,44	0,48	0,31	0,58	0,75	0,35	0,30	0,30	1,75

Die Zahlen dieser Tabelle geben an, das Wievielfache seines Volumens ein Körper absorbirt. Der Meerschaum war vor dem Versuche erhitzt und unter dem entleerten Recipienten der Luftpumpe abgekühlt, der Klebschiefer war blos unter der Luftpumpe getrocknet, der Holzasbest geglüht, die Hölzer, so wie Wolle und Seide, über Chlorcalcium getrocknet, endlich die Kohle war nach dem Glühen unter Queckſilber abgelöſcht.

Am genauesten hat man das Verhalten von Kohle studirt und dafür folgende Regeln gefunden. Je dichter eine Kohle ist, oder eigentlich je feiner ihre Poren sind, desto mehr Gas kann sie absorbiren. So absorbirt Korkkohle von 0,1 Dichte fast keine atmosphärische Luft, Tannenkohle von 0,4 Dichte ihr 4,5faches Volumen, und Buchsbaumkohle von 0,6 Dichte ihr 7,5faches Volumen. Durch Pulvern wird das Absorptionsvermögen bedeutend geschwächt, wahrscheinlich, indem dadurch die Poren zum Theil geöffnet werden. Ganz dichte Kohlen, wie Graphit, sind, wie sich erwarten läßt, unwirksam. Die Dichte eines Gases hat keinen beträchtlichen Einfluß auf das absorbirte Gasvolum. Dem Gewichte nach wird daher um so mehr absorbirt, je größer die Dichte und Spannung des zur Absorption dargebotenen Gases ist. Verändert man die Dichte des umgebenden Gases, so ändert sich auch die Gewichtsmenge des absorbirten. Unter dem Recipienten der Luftpumpe entweicht zuletzt alles absorbirte Gas aus der Kohle, wenn man denselben luftleer macht. Temperaturerhöhung wirkt der Absorption stark entgegen, Glühhitze hebt sie sogar ganz auf, so daß die Kohle durch Glühen weit vollständiger von Gas und Feuchtigkeit befreit wird, als durch längeres Verweilen unter dem entleerten Recipienten der Luftpumpe.

Setzt man Kohle, die mit einem Gase gesättigt ist, einem zweiten Gase aus, so entläßt sie einen Theil des ersten und nimmt dafür vom

Digitized by Google

zweiten auf. Die Menge, in welcher zwei Gase dabei ausgetauscht werden, steht nahe in demselben Verhältnisse, in welchem sie für sich aufgenommen werden; Buchsbaumkohle z. B., die gesättigt ihr 1,75faches Volumen Wasserstoffgas absorbirt hatte, nahm, in Sauerstoffgas gebracht, davon das 7,5fache Volumen auf, während nur 1 Volumen Wasserstoffgas entwich. Oft begünstigt aber auch die Gegenwart eines Gases die Absorption eines anderen; in dieser Weise wirkt z. B. Kohlensäure und Stickstoffgas auf Sauerstoffgas. Aus einem Gasgemenge wird derjenige Bestandtheil verhältnißmäßig reichlicher aufgenommen, der einzeln für sich in größerer Menge absorbirt worden wäre; dies zeigt die absorbirte, trockene atmosphärische Luft, welche sauerstoffreicher ist, als die der Absorption dargebotene.

Auch Metalle äußern im höchsten Grade ihrer Vertheilung ein starkes Absorptionsvermögen, und zwar besonders gegen Sauerstoffgas. Am ausgezeichnetsten ist in dieser Hinsicht das Platinschwarz oder der Platinmohr, welcher sein 250faches Volumen Sauerstoffgas verschlucken kann.

Das Absorptionsvermögen darf übrigens nicht als eine Eigenthümlichkeit poröser Körper angesehen werden, sondern es ist eine allen Körpern gemeinschaftliche Adhäsionserscheinung, die sich aber nur dann in einem höheren Grade zeigen kann, wenn ein Körper bei geringem Gewichte viel freie Oberfläche darbietet, d. h. wenn er von Höhlungen oder Poren durchzogen ist.

§. 50. **Reibung.** Eine mit der Adhäsion sehr nahe verwandte Erscheinung ist die Reibung oder der Widerstand, welcher der gleitenden Bewegung zweier Körper an einander entgegenwirkt. Ohne die Reibung müßte ein Körper auf einer Ebene abgleiten, wenn sie auch nur um eine Spur von der horizontalen Lage abwiche (vergl. §. 10); ohne die Reibung würde ein Körper auf horizontaler Unterlage durch den leisesten Stoß in Bewegung gerathen und eine ihm mitgetheilte Bewegung ungeschwächt nach Richtung und Stärke beibehalten; ohne Reibung würde es unmöglich sein, einen cylindrischen Stiel in einer schrägen Richtung festzuhalten. Die Reibung ist daher zwar einerseits das Haupthinderniß der Maschinenbewegung, andererseits beruht aber die Wirksamkeit vieler Maschinen nur auf ihr.

Legt man ein Stück Schmiedeisen von 1 Pfund Gewicht auf eine horizontale Gußeisenplatte, und sind die untere Fläche des Schmiedeisenstückes und die obere der Gußeisenplatte vollkommen eben, so gehört ein horizontaler Zug von 0,194 Pfund dazu, um das Eisenstück in Bewegung zu setzen und um es in gleichförmiger Bewegung zu erhalten. Die Ausdehnung der Berührungsfläche und die Geschwindigkeit der Bewegung sind ohne Einfluß auf die Größe dieses zur Ueberwindung der Reibung erforderlichen Zuges; dagegen nimmt dieselbe gleichmäßig ab

Digitized by Google

und zu, wie das Gewicht des zu bewegenden Eisenstückes, sie beträgt für ein ½ Pfund schweres Stück 0,097 $\left(=\frac{0,194}{2}\right)$ Pfunde, für ein zwei Pfunde schweres Stück 0,388 Pfund (= 2 . 0,194). Die Zahl 0,194, welche das Verhältniß zwischen dem Gewichte einer horizontal auf Gußeisen bewegten Schmiedeisenmasse oder dem Drucke des Schmiedeisens auf das Gußeisen, und zwischen dem die Bewegung einleitenden und erhaltenden horizontalen Zuge angiebt, heißt der Reibungscoefficient für Schmiedeisen auf Gußeisen. Dieser Reibungscoefficient dient als Maß der Reibung und ist für diejenigen Stoffe, welche sich bei Maschinen gleitend an einander bewegen, durch sorgfältige Versuche ermittelt worden. Als allgemeines Resultat derartiger Versuche haben sich folgende Sätze herausgestellt.

1) Die Größe des Reibungscoefficienten ist für kleine und große Gewichte dieselbe; sie ist völlig unabhängig von der Ausdehnung der Berührungsfläche und von der Geschwindigkeit des Gleitens.

2) Dagegen ist er zu Anfang der Bewegung gewöhnlich größer, als während der Bewegung; d. h. wenn zwei Körper längere Zeit in Berührung gewesen sind, so gehört eine größere Kraft dazu, den oberen ruhenden durch Zug in Bewegung zu setzen, als bei dem schon in Bewegung begriffenen die Bewegung ungeschwächt zu erhalten.

3) Ein flüssiges oder halbflüssiges Zwischenmittel zwischen den aneinandergleitenden Körpern vermindert den Reibungscoefficienten sehr bedeutend. Der Betrag der Reibung wird demnach vermindert, obgleich die Stärke der Adhäsion vermehrt wird. Fettige Zwischenmittel, wie die bei Maschinen angewendeten Schmieren, wirken am entschiedensten schwächend auf die Reibung.

Für die am häufigsten vorkommenden Fälle sind die Reibungscoefficienten in folgender Tabelle zusammengestellt.

Digitized by Google

Tabelle der Reibungscoefficienten während der Bewegung.

Substanz der aufeinander gleitenden Flächen	ohne Zwischenmittel	bestrichen mit: Talg	Schweinefett	Oel	Seife	Wagenschmiere	fettig	mit Wasser benetzt
Eiche auf Eiche								
Fasern parallel mit der Richtung der Bewegung	0,48	0,075	—	—	0,164	—	0,108	—
Fasern senkrecht dagegen	0,336	—	0,72	—	0,083	—	0,143	—
Fasern gekreuzt	0,320	—	—	—	—	—	—	0,25
Hirnholz auf Längenholz	0,192	—	—	—	—	—	—	—
Gußeisen auf Eiche								
Fasern parallel der Bewegung	0,490	0,078	0,075	0,075	0,189	—	0,107	0,218
Schmiedeisen auf Eiche								
Fasern parallel der Bewegung	0,626	0,085	—	—	0,214	—	—	0,256
Gußeisen auf Gußeisen	0,152	0,100	0,070	0,064	0,197	—	0,144	0,314
Schmiedeisen auf Schmiedeisen	0,138	0,082	0,081	0,070	—	—	0,177	—
Gußeisen auf Schmiedeisen	—	0,98	0,058	0,063	—	0,155	0,143	—
Schmiedeisen auf Gußeisen	0,194	0,103	0,076	0,066	—	0,124	—	—
Gußeisen auf Bronze	0,147	0,085	0,070	0,067	—	—	0,132	—
Bronze auf Gußeisen	0,217	0,086	—	0,077	—	—	0,107	—
Schmiedeisen auf Bronze	0,172	0,103	0,075	0 078	—	0,168	0,160	—
Bronze auf Schmiedeisen	0,161	0,081	—	0,072	—	—	0,166	—
Stahl auf Gußeisen	0,202	0,105	0,081	0,079	—	—	0,109	—
Stahl auf Schmiedeisen	—	0,093	0,076	—	—	—	—	—
Stahl auf Bronze	0,152	0,056	—	0,056	—	0,170	—	—

Digitized by Google

Auch bei der Bewegung von Flüssigkeiten an einander und an starren Körpern findet ein, wenn auch schwächerer Reibungswiderstand Statt. Dies zeigt sich in dem Wellenschlage, den ein völlig horizontaler Wind auf der Oberfläche eines ruhenden Wasserbeckens erregt, so wie in dem Umstande, daß die Stromgeschwindigkeit der Flüsse in der Mitte des Bettes und auf der Oberfläche größer ist, als am Ufer und in der Nähe des Grundes. Im ersten Falle kann ein Luftstrom nicht über eine ebene Wasserfläche und mit ihr in paralleler Richtung fortstreichen, ohne etwas von seiner Bewegung an dieselbe abzugeben, im anderen wird ein Wasserstrom durch die Berührung mit der ruhenden Substanz des Strombettes verzögert. Auch ein Theil des Luftwiderstandes gegen die Wurfbewegung (vergl. §. 3) beruht auf dieser Reibung, endlich ist sie die Ursache der Suspension, d. h. des Schwebens fein vertheilter dichterer Körper in Flüssigkeiten von geringerer Dichte, z. B. des Schwebens von Wasserbläschen und Sonnenstäubchen in der Luft.

Landtransport. Eine wichtige Frage, deren Beantwortung auf die §. 51. Lehre von der Reibung zurückkommt, bietet der Landtransport dar.

Das einfachste Mittel, eine Last von einem Orte zum anderen zu schaffen, besteht darin, daß man sie geradezu trägt; allein abgesehen davon, daß viele Lasten untheilbar sind und ungetheilt die Kraft des Menschen und der Lastthiere übersteigen, ist dieses Mittel außerordentlich kostspielig und wird deshalb nur in unwegsamen Gegenden angewendet. Das nächst einfache Verfahren besteht in einem Fortrutschen der Last, und damit ist auf ganz ebenem Boden und bei glatter Unterfläche der Last schon ein bedeutender Vortheil gewonnen, indem nicht die ganze Last, sondern nur ein der Reibung entsprechender Theil derselben überwunden werden muß. Da jedoch viele Lasten durch unmittelbares Rutschen leicht Schaden leiden, so wird das Unterlegen geglätteter Schleifen, durch welche zugleich die Last gleichmäßiger über dem Boden vertheilt wird, noch weit vortheilhafter sein. Der geringste Kraftaufwand wird erfordert, wenn man die Last wälzt, oder, wo dies ihre Form nicht erlaubt, auf Walzen legt. Um z. B. einen roh gemeißelten Steinblock von 1080 Pfund Gewicht aus dem Steinbruche auf der horizontalen Felsfläche fortzurutschen, mußte ein Zug von 758 Pfunden angewendet werden; nachdem hölzerne Kufen untergelegt waren, ermäßigte sich derselbe auf 606 Pfund, und bei Anwendung von 3 Zoll starken Holzwalzen auf 28 Pfund. Im ersten Falle betrug demnach der Widerstand gegen die Bewegung 0,7, im zweiten 0,56 und im dritten 0,026 der ganzen Last. Die Reibung für Walzen würde gänzlich verschwinden, wenn die Bewegung auf einem vollkommen horizontalen Boden stattfände, und wenn sich die Walzen nicht selbst breit quetschten und in der Bodenfläche Eindrücke verursachten.

Digitized by Google

Die bedeutendste Reibungsverminderung im Großen dürfte bei dem Transporte des Granitblockes, auf dem die Reiterstatue Peter's des Großen in Petersburg steht, erreicht worden sein. Der Granitblock wog über drei Millionen Pfunde und wurde auf metallenen Kugeln durch einen Zug von kaum 2000 Pfunden fortgeschafft.

Walzen können nur bei geringer Geschwindigkeit und Weite des Transportes angewendet werden, da sie unter der Last wegrutschen und immer wieder von hinten nach vorn geholt werden müssen. Diese Unbequemlichkeit ist bei dem Wagen vermieden, während ihm die Vortheile der Walzenbewegungen, wenigstens zum größten Theile, bleiben. Wenn sich ein Wagen bewegt, so drehen sich seine Räder um ihre Axen, indem ihr Umfang nicht über den Boden gleitet, sondern sich auf ihm wälzt. Das der Bewegung des Rades entgegenstehende Hinderniß liegt daher auch nicht in der zwischen Radumfang und Boden, sondern in der zwischen der Axe und Nabe stattfindenden Reibung. Gesetzt nun, man habe eine gußeiserne Büchse in der Nabe, schmiedeiserne Axen und Wagenschmiere als Zwischenmittel, so ist der Reibungscoefficient (nach Seite 74) 0,155; wenn also auf eine Axe eine Belastung von 5000 Pfunden kommt, so beträgt der Reibungswiderstand 775 Pfunde. Dieser Widerstand wirkt am Umfange der Radaxe; ein Zug, der, am Umfange des Rades angreifend, ihm das Gleichgewicht halten oder ihn aufheben soll, verhält sich nach den Gesetzen für den Hebel (§. 12) zu ihm, wie der Halbmesser der Axe zum Halbmesser des Rades, ist mithin für den gewöhnlichen Durchmesser der Axe von 2 Zoll, des Rades von 30 Zoll $\frac{775}{15} = 51{,}6$ Pfde.

Dies gilt jedoch nur für horizontale, feste und glatte Wege. Beim Fahren bergaufwärts muß der Zug vermehrt werden, weil nach §. 10 ein Theil des Gewichtes der Last aufhört, auf den Weg zu drücken und sich in einen Zug bergabwärts verwandelt. Auf sandigen und schlammigen Wegen sinken die Räder ein, so daß ein Theil der Zugkraft dazu verwendet wird, das Rad aus der so entstandenen Vertiefung herauszuheben. Ist der Weg holperig, so erfahren die Räder Stöße, die theils ein Aufspringen, theils ein Zurückdrängen des Wagens zur Folge haben. Das Zurückdrängen wirkt dem Zuge geradezu entgegen und beträgt um so mehr, je höher die Höcker im Wege und je kleiner die Durchmesser der Räder sind. Endlich üben die Zugthiere ihren Zug nicht parallel mit dem Boden aus, sondern etwas nach aufwärts; ihre Kraftanstrengung wird demnach nicht lediglich auf ein Fortrollen des Wagens verwendet, sondern theilweise auch auf ein Heben desselben.

Auf guten Chausseen fängt ein gewöhnlicher Lastwagen an, von selbst herabzulaufen, wenn das Gefälle auf die Klafter 1,5 bis 2″ beträgt, und

Digitized by Google

daraus ergiebt sich der gesammte Widerstand gegen die Bewegung zu $1/36$ der Last; auf gewöhnlichen Straßen nimmt derselbe bis $1/13$ zu. Zahlreiche Versuche haben zu der Ueberzeugung geführt, daß die Landfracht durch Verbesserung der Wagen zwar noch einigermaßen erleichtert werden kann, daß aber diese Erleichterungen nicht in Vergleich zu stellen sind mit denjenigen, welche die Herstellung guter Straßen mit sich bringt. Die wichtigste Verbesserung, die man mit den Wagen vorgenommen hat, besteht unstreitig in der Einführung breiter Felgen, durch welche die Unebenheiten des Bodens mehr oder weniger ausgeglichen werden. Für den Straßenbau hat mit dem Anlegen von Schienenbahnen eine neue Epoche begonnen. Man kannte dergleichen zwar schon seit zwei Jahrhunderten in den Steinkohlendistricten Englands; ihre allgemeinere und ausgedehntere Anwendung ist aber erst in neuester Zeit durch die Einführung von Dampfmaschinen als Transportwerkzeuge hervorgerufen worden. Der Gesammtwiderstand gegen die Bewegung eines Wagens auf einer Eisenbahn ist nicht mehr, als $1/180$ bis $1/240$ der Last, also nur der fünfte bis siebente Theil von demjenigen auf den Chausseen, der zehnte bis zwölfte von demjenigen auf gewöhnlichen Straßen.

Durch die Kraft des Dampfes werden zunächst nur die Treibräder des Dampfwagens in Umdrehung versetzt; diese rollen fort und ziehen den Wagenzug mit sich, wenn die Reibung ihrer Kränze mit der Bahnschiene mehr beträgt, als der ganze Bewegungswiderstand. Die Treibräder sind von Gußeisen, die Schienen gewöhnlich von gewalztem Schmiedeisen, der Reibungscoefficient sollte nach der Tabelle auf Seite 74 0,138 sein; in der Praxis hat man ihn jedoch sehr veränderlich gefunden. Am größten, wenn die Schienen rein und ganz trocken oder ganz naß sind; doch auch dann nur $1/7$ bis $1/6$; sind hingegen die Schienen schmutzig oder blos feucht, so vermindert er sich zuweilen auf $1/12$ bis $1/16$; als Mittelzahl kann demnach $1/10$ angenommen werden. Auf die Treibräder fällt aber in der Regel kaum die Hälfte des Gewichtes der Locomotive, so daß auf je 20 Centner vom Gewicht der Locomotive 1 Centner Reibung zu rechnen ist. Da endlich der Bewegungswiderstand für den Wagenzug wenigstens $1/240$ seiner Last ist, so müssen auf je 240 Centner Gewicht des Wagenzuges 20 Centner Gewicht der Locomotive kommen, oder die Locomotive muß $1/12$ vom Gewichte des Wagenzuges haben. Dies setzt aber eine völlig horizontale Bahn voraus. Kommen Steigungen von 3 Fuß auf 100 Fuß horizontale Länge vor, so muß die Zugkraft beim Aufwärtsfahren um $1/300$ der Last vermehrt werden, oder der Bewegungswiderstand wird $1/240 + 1/300 = 1/133$, und die Locomotive muß wenigstens $3/20$ vom Gewichte des ganzen Zuges haben, wenn die Treibräder rollen und nicht gleiten sollen.

Digitized by Google

4. Durchdringung.

§. 52. Kochsalz wird vom Waſſer nicht blos benetzt, ſondern aufgelöſt. Nach der Löſung nehmen Kochſalz und Waſſer gemeinſchaftlich denſelben Raum ein und ſind im kleinſten Tröpfchen eben ſo gemiſcht, wie im Ganzen; ſie haben ſich völlig durchdrungen. Solche Durchdringungen kommen auch vor zwiſchen tropfbaren Flüſſigkeiten und tropfbaren Flüſſigkeiten, zwiſchen Gaſen und Gaſen, und endlich zwiſchen tropfbaren Flüſſigkeiten und Gaſen. Sie zerfallen aber doch in zwei weſentlich verſchiedene Gruppen, indem ihr Product in ſeinen Haupteigenſchaften, namentlich hinſichtlich der Dichte und des Verhaltens gegen die Wärme, entweder die Mitte hält zwiſchen den Eigenſchaften der Stoffe, die ſich durchdrungen haben, oder einen fremdartigen Charakter bekommt. Die Durchdringungen der erſten Gruppe wollen wir Löſungen nennen; in die zweite Gruppe gehören die chemiſchen Verbindungen.

Löſungen ſind nicht mit beträchtlichen Temperaturveränderungen verbunden; bei chemiſchen Verbindungen hingegen wird in der Regel und häufig ſehr viel Wärme entwickelt.

Der wichtigſte Unterſchied zwiſchen Löſungen und chemiſchen Verbindungen liegt endlich darin, daß ſich Stoffe nach faſt ganz beliebigen Gewichtsmengen in einander löſen können, wie Alkohol in Waſſer; daß hingegen die Beſtandtheile einer chemiſchen Verbindung in einem ſehr beſtimmten Gewichtsverhältniſſe zu einander ſtehen.

Da die Kenntniß dieſer Erſcheinungen eine unerläßliche Grundlage für die Chemie iſt, ſollen die wichtigſten Fälle ſowohl der Löſung (§. 53—56), als auch der chemiſchen Verbindung in den folgenden §§. genauer beſprochen werden.

§. 53. **Löſung von Gaſen in Gaſen. — Diffuſion.** Am einfachſten zeigen ſich die Erſcheinungen der Löſung bei Gaſen. Gaſe verhalten ſich, wie man zu ſagen pflegt, gegen einander, wie leerer Raum, d. h. wenn in einen Raum, der ſchon von einem Gaſe eingenommen iſt, ein zweites Gas gebracht wird, ſo verbreitet es ſich völlig gleichmäßig in ihm, indem es eine ſeiner Dichte entſprechende Spannkraft ausübt. Hat man z. B. zwei Flaſchen, Fig. 75, *a* und *e*, deren Hälſe mit Hähnen *b* und *c* verſehen ſind, füllt man die eine dieſer Flaſchen mit Kohlenſäuregas, die andere mit Waſſerſtoffgas, ſchraubt beide bei *d* an einander und öffnet alsdann die Hähne, ſo nimmt das dichtere Kohlenſäuregas nicht den unterſten Raum ein, das ſehr dünne Waſſerſtoffgas den oberſten, ſondern

Digitized by Google

Fig. 75.

nach einiger Zeit ist in jeder Flasche ein gleiches Gasgemisch. Das großartigste Beispiel dieser Art bietet die Luft der Atmosphäre, deren Hauptbestandtheile, Sauerstoffgas und Stickstoffgas, überall in demselben Mengungsverhältnisse gefunden worden sind, obgleich das erste die Dichte 1,103 hat, das letzte die Dichte 0,976. Die Luft, welche Gay-Lussac von seiner Luftreise aus einer Höhe von mehr als 21,000 Fuß mitbrachte, enthielt 21 Volumprocente Sauerstoff, wie die Luft um Paris.

Die Mischung der Gasarten geht sehr rasch vor sich, auch wenn ihre Communication nur durch enge Spalten und Poren vermittelt ist, und sogar, wenn sie durch dünne, organische Membranen von einander geschieden sind. Die Wirkung der Spalten zeigt sich schon darin, daß das Verhältniß des Sauerstoffs zum Stickstoff in der Luft eines bewohnten und geheizten Zimmers kein anderes ist, als im Freien, obgleich im Zimmer das Sauerstoffgas reichlich verzehrt wird. Die Oeffnungen dürfen aber noch viel feiner sein, als die Spalten der Fenster und Thüren; denn gesprungene Glasglocken, deren Risse viel zu eng sind, um Wasser durchzulassen, und eben so irdene nicht glasirte Gefäße können zur Aufbewahrung von Gasen nicht benutzt werden. Weicht man Caoutschoukflaschen in kaltem Aether und bläst sie dann stark auf, so kann man daraus so dünne Ballons erhalten, daß sie, mit Wasserstoffgas gefüllt, steigen. Allein wenn sich dieselben auch zuerst schwebend an der Decke eines Zimmers erhalten, so sinken sie doch nach einiger Zeit trotz des vollkommensten Verschlusses, und enthalten dann anstatt des reinen Wasserstoffgases Wasserstoffgas, gemengt mit atmosphärischer Luft. Bringt man eine mit Steinkohlengas gefüllte thierische Blase unter eine mit Kohlensäuregas gefüllte Glocke, so tritt sehr bald Kohlensäure in die Blase, Steinkohlengas in die Glocke, so daß nach etwa 24 Stunden die Gasmischung in der Blase und in der Glocke dieselbe ist.

Man nennt diese Art der Mischung von Gasen Diffusion. Aus den zuletzt angeführten Versuchen ersieht man, daß dieselbe nicht durch einen einseitigen Strom zu Stande kommt, sondern daß gleichzeitig Gas von entgegengesetzten Seiten durch die Scheidewand hindurchgeht. Die Mengen, welche gleichzeitig die Scheidewand oder eine enge Oeffnung durchströmen, sind aber nicht für alle Gase gleich, sondern für Gase von geringer Dichte größer, als für solche von bedeutenderer Dichte, so daß z. B. in einem mit Wasserstoffgas gefüllten Ballon nicht eben so viel atmosphärische Luft eintritt, als Wasserstoffgas ausgetreten ist.

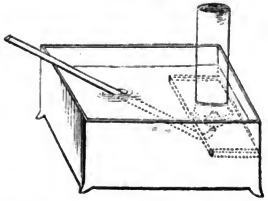
Digitized by Google

Wegen der Diffusion ist die längere Aufbewahrung von Gasen nur in dicht geschlossenen Gefäßen möglich.

Läßt man Wasserstoffgas aus einer Röhre ausströmen und in eine Flasche eintreten, deren Oeffnung abwärts gekehrt ist, so steigt es allerdings in der atmosphärischen Luft, die sich in der Flasche befindet, auf, da es um etwa vierzehnmal weniger dicht ist (vergl. §. 21), und verdrängt einen Theil derselben, mischt sich aber schnell mit dem übrigen Theile Nur bei raschem Einströmen des Wasserstoffgases wird nach und nach alle atmosphärische Luft aus der Flasche entfernt, so daß zuletzt reines Wasserstoffgas austritt. Läßt man nun die Flasche ruhig in ihrer Lage, so findet man nach kurzer Zeit nur atmosphärische Luft in ihr, indem sich das Wasserstoffgas vollständig in der Umgebung verbreitet hat und hier so fein vertheilt ist, daß nicht Spuren davon aufgefunden werden können. Dasselbe würde der Fall sein, wenn man Gase, die dichter sind, als atmosphärische Luft, in Flaschen mit nach oben gekehrter Oeffnung aufsammeln und aufbewahren wollte. Um die Gasfüllung rein zu erhalten, würde ein aufgesteckter trockener Korkstöpsel, selbst ein eingeschliffener Glasstöpsel nicht genügen; durch den Kork hindurch und durch die Glasfugen findet die Diffusion mit der Atmosphäre, wenn auch langsam, Statt. Einen vollkommenen Abschluß gewährt erst ein undurchdringlicher Ueberzug über den Kork, z. B. von Harz; auch das Eintauchen des verkorkten Halses in Wasser schützt ziemlich vollkommen.

Um kleine Mengen eines Gases aufzufangen, füllt man das Gefäß, in welches das Gas kommen soll, den *Gasrecipienten*, mit Wasser oder besser mit Quecksilber, taucht sie mit verschlossener Oeffnung unter das Wasser oder Quecksilber in einem größeren Gefäße, der *pneumatischen Wanne*, Fig. 76, und öffnet sie. Die Flasche bleibt auf diese Weise gefüllt; man kehrt ihre Oeffnung über das aufwärts gebogene Ende der Röhre, durch die das Gas ausströmt, der *Gasleitungsröhre*, und läßt das Wasser oder Quecksilber nach und nach durch das weniger dichte Gas verdrängen. Am bequemsten ist es, wenn man den Recipienten in der pneumatischen Wanne selbst füllen und darin so umkehren kann, daß seine Oeffnung immer unter Wasser bleibt. Ist aber der Recipient zu groß, so muß der Rand seiner Oeffnung, wenn diese zu weit ist, um verkorkt zu werden, glatt abgeschliffen sein, so daß sich eine ebene Glastafel dicht schließend daran anlegen kann. Indem man die Glastafel gegen den

Fig. 76.



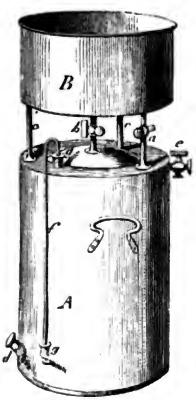
Digitized by Google

Rand andrückt, kehrt man den Recipienten um, taucht ihn in die Füllung der pneumatischen Wanne und entfernt dann die schließende Glastafel. Damit man die Recipienten nicht zu halten braucht, ist in der pneumatischen Wanne, aber ganz von der Flüssigkeit bedeckt, ein horizontaler Steg befestigt mit trichterförmigen Löchern, die sogenannte Brücke; auf diese Brücke setzt man den Recipienten und läßt das Gas durch die trichterförmige Oeffnung eintreten.

Für größere Gasmengen, für Mengen von mehr als ein Kubikfuß, bedient man sich der sogenannten Gasometer. Die in den Laboratorien gewöhnlich gebrauchten haben die Einrichtung von Fig. 77.

Ein Blechcylinder *A* steht mit dem Becken *B* durch zwei Hähne in Verbindung. Die Röhre des einen Hahnes *a* reicht ziemlich bis auf den Boden des Cylinders *A*, die Röhre des anderen Hahnes *b* geht nur durch den Deckel hindurch, ohne darüber hinauszuragen. Die Metallstäbe *c*, *c* dienen nur als Stützen. Vor dem Gebrauche füllt man das Becken *B* mit Wasser und öffnet beide Verbindungshähne, durch den einen *a* läuft das Wasser in den Cylinder, durch den anderen *b* entweicht die Luft. Ist der Cylinder gefüllt, so schließt man beide Hähne und öffnet die kurze Röhre *d*, die durch einen Kork oder eine Schraube verschlossen ist. Durch sie führt man die Gasleitungsröhre ein, so daß sich ihre aufwärtsgebogene Oeffnung im Cylinder selbst befindet, und läßt das Gas ausströmen, welches sich im oberen Theile des Cylinders ansammelt und das Wasser aus *d* heraustreibt. Der Wasserstand in der Glasröhre *f g*, welche mit dem Cylinder communicirt, zeigt an, wie weit die Gasfüllung reicht. Nach geschehener Füllung wird die Röhre *d* wieder verschlossen, und das Gas ist im Cylinder *A* abgesperrt. Um einzelne Portionen davon herauszubringen, gießt man Wasser in das Becken *B* und setzt die zu füllenden Recipienten über die Oeffnung der Hahnröhre *b*: werden dann beide Hähne *a* und *b* geöffnet, so fließt das Wasser durch den Hahn *b* abwärts, das Gas tritt durch den Hahn *a* in den Recipienten. Ein bei *e* angesetztes Hahnrohr gestattet, das Gas in weitere vorn angesetzte Leitungsröhren überzuführen, oder es aus einer feinen Spitze in die atmosphärische Luft ausströmen zu lassen.

Fig. 77.



§. 54. **Lösung von tropfbaren Flüssigkeiten in tropfbaren Flüssigkeiten. — Diffusion derselben; Endosmose, Exosmose.** Verwickelter ist das Lösungsverhältniß der tropfbaren Flüssigkeiten; denn das Volumen, welches sie gemeinschaftlich nach der Durchdringung einnehmen, ist in der Regel etwas kleiner, als die Summe der Volumina vor der Durchdringung. So sind bei 15° C. in 100 Maßen Weingeist von der Dichte 0,914 enthalten 60 Maße Alkohol und 43,73 Maße Wasser, also 103,73 Maße Flüssigkeit, die sich nach der Durchdringung auf 100 Maße zusammengezogen haben. Die Größe der Zusammenziehung ist von dem Mischungsverhältnisse abhängig, nimmt aber nicht fortwährend mit dem Gehalte an einem der Bestandtheile zu, sondern hat an irgend einer Stelle ihr Maximum. Dieses Maximum zeigt der Weingeist bei 15° C., wenn er 54,25 Volumsprocente Alkohol enthält; 100 Maße desselben sind dann aus 54,250 Maßen Alkohol und 49,528 Maßen Wasser, also zusammen aus 103,778 Maßen gemischt. Daraus erklärt sich eine scheinbare Ausnahme von dem Gesetze, daß bei der Mischung Verdichtung eintritt. Mischt man nämlich Weingeist, der weniger als 54,25 Volumsprocente Alkohol enthält, mit Wasser, so kann dabei eine Volumsvergrößerung eintreten, indem für das nun entstehende Mischungsverhältniß die Zusammenziehung abnimmt, so daß das im Weingeist ursprünglich vorhandene Wasser sich mehr ausdehnt, als das neu hinzutretende zusammengezogen wird.

Wie die Gase, so bieten auch die tropfbaren Flüssigkeiten Diffusionserscheinungen, indem ihre Mischung durch Scheidewände nicht verhindert wird, sobald diese für eine der Flüssigkeiten durchgänglich sind. Die bei den Versuchen bis jetzt angewendeten Scheidewände sind theils porös, wie Platten von gebranntem Thon, von Marmor, Kalk und Gyps, Haarröhrchen, die Hülsen des Blasenstrauches (Colutea arborescens), theils blos durchdringlich, wie die thierische Oberhaut, die Schleimhäute aus dem Magen und aus dem Hühnerkropfe, Harnblase, Goldschlägerhaut, Cautschoucplatten und die Blattscheiden des Porré's (Allium porrum); beide Arten von Scheidewänden haben im Wesentlichen denselben Erfolg gegeben.

Die Mischung erfolgt hier immer so, daß gleichzeitig beide getrennte Flüssigkeiten nach entgegengesetzten Richtungen durch die Scheidewand strömen. Auf das Volumsverhältniß, in welchem diese entgegengesetzten Ströme zu einander stehen, hat jedoch die Dichte der Flüssigkeiten durchaus keinen Einfluß, ihre Steighöhe in gläsernen Haarröhrchen nur einen beschränkten, dagegen die Natur der Scheidewand einen sehr bedeutenden.

Digitized by Google

Trennt thierische Blase eine Lösung von Gummi in Wasser und reines Wasser, so geht der stärkere Strom vom reinen Wasser zur Gummilösung eben so wohl, als wenn Weingeist und Wasser durch dieselbe Scheidewand von einander getrennt sind, und doch ist das Wasser dichter, als Weingeist und weniger dicht, als Gummilösung.

Bei wässerigen Lösungen von Glaubersalz oder Kochsalz auf der einen Seite, Wasser auf der anderen Seite und einer Scheidewand von thierischer Blase geht der stärkere Strom vom Wasser aus und überwiegt um so mehr, je größer der Unterschied zwischen der capillaren Steighöhe des Wassers und der der Salzlösungen ist. Aber wenn auch das Verhältniß der Höhen, zu welchen Flüssigkeiten in Haarröhrchen steigen, oft eine gewisse Uebereinstimmung mit dem Verhältnisse der Zuströmung hat, so daß die in Haarröhrchen am höchsten steigende Flüssigkeit auch am stärksten zuströmt, oder auf ihrer Seite das Volumen abnimmt, so läßt sich daraus doch kein allgemeines Gesetz ableiten. Denn trennt man Terpenthinöl und Olivenöl durch capillare Spalten mit Glaswänden, so bringt das erstere den stärkeren Strom hervor, obgleich es in gläsernen Capillarröhren das minder steigende ist. Eben so wie Terpenthinöl gegen Olivenöl verhält sich Zuckerlösung gegen Gummilösung, beide von der Dichte 1,078, wenn sie durch thierische Blase von einander getrennt sind. Das Volumen vermehrt sich auf Seiten der Zuckerlösung, obgleich diese im Haarröhrchen höher steigt.

Hinsichtlich verschiedener Scheidewände scheint derjenigen Flüssigkeit der stärkere Strom zuzukommen, welche für sich die Scheidewand am stärksten benetzt oder durchdringt. Thierische Blase z. B. quillt in Wasser stark auf, in starkem Weingeist nicht, Caoutschouc verhält sich umgekehrt, deshalb geht auch durch Blase der stärkere Strom vom Wasser zum Weingeist, durch Caoutschouc umgekehrt.

Bei Anwendung frischer thierischer Membranen ist es nicht gleichgültig, welche Seite, die angewachsene oder freie, mit der einen oder anderen Flüssigkeit in Berührung gebracht wird. Trennt man z. B. Zuckerlösung und Wasser durch Froschoberhaut, so steigt die Flüssigkeit auf der Seite des Zuckerwassers anderthalbmal so schnell, wenn das Zuckerwasser die Außenfläche der Haut berührt, als in umgekehrter Lage. Für getrocknete oder durch Fäulniß veränderte Membranen fällt jedoch dieser Unterschied weg.

Zwischen wässerigen Lösungen und Wasser, so wie zwischen concentrirten und verdünnten wässerigen Lösungen desselben Stoffes findet die Diffusion stets und unabhängig von der Natur der Scheidewand so Statt, daß der

Digitized by Google

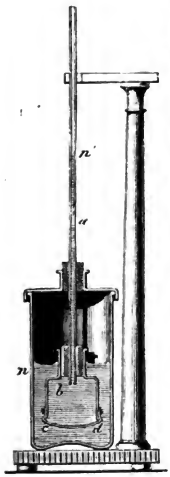
ſtärkere Strom vom Waſſer oder der verdünnten Löſung ausgeht, folglich die concentrirte Löſung an Volumen zu-, an Concentration abnimmt. Zwei verſchiedene wäſſerige Löſungen zeigen kein gemeinſchaftliches Diffuſionsverhalten, bisweilen nimmt die eine eine Zeitlang an Dichte zu, aber dies ſcheint vom Concentrationsgrade ſehr abhängig zu ſein. Trennt man z. B. eine geſättigte Kochſalzlöſung und eine Zuckerlöſung von 1,078 Dichte durch Blaſe, ſo nimmt anfangs die erſte an Volumen zu, verliert aber, indem Salz an die Zuckerlöſung übergeht, an ihrer Dichte mehr, als nach dem Miſchungsverhältniſſe der Fall ſein würde, ſpäterhin wächſt dagegen wiederum die Dichte der Kochſalzlöſung unter fortgeſetztem Zuſtrömen. Für wäſſerige Löſungen iſt noch ein beachtenswerther Umſtand, daß ſie ſich nicht ohne Zerſetzung durch die Scheidewand mit einander miſchen. Eine verdünnte Zuckerlöſung ſtrömt nicht zu einer concentrirten, und dieſe letzte umgekehrt, ſo daß bei zunehmender Concentration der verdünnten Löſung der ſchon einmal durch die Scheidewand gegangene Zucker ſeinen Weg durch dieſelbe zurücknimmt, ſondern viel wahrſcheinlicher tritt die concentrirtere Löſung blos vom Aufgelöſten ab und nimmt dafür vom Löſungsmittel aus der verdünnteren auf. Für dieſe Anſicht ſpricht am kräftigſten der folgende Verſuch. Concentrirter Bleieſſig und ſaures chromſaures Kali zuſammengemiſcht, geben eine Ausſcheidung von fein vertheiltem chromſauren Bleioxyde, von ſogenanntem Chromgelb; durch Blaſe getrennt, miſchen ſie ſich nur innerhalb der Blaſe mit einander, denn nur hier bildet ſich Chromgelb, die Löſungen ſelbſt bleiben völlig klar. Sättigt man aber den Bleieſſig noch mit Zucker, ſo mehrt ſich ſein Volumen anhaltend durch Aufnahme von Waſſer aus dem chromſauren Kali, welches ſelbſt jenſeits der Blaſe zurückbleibt; denn der Bleieſſig bleibt fortwährend klar.

Erhöhung der Temperatur beſchleunigt im Allgemeinen die Diffuſion, wenigſtens bis 25° C., über welche hinaus die bisherigen Verſuche nicht reichen.

Da die Flüſſigkeiten in der Mehrzahl der Fälle in ungleicher Menge zu einander ſtrömen, ſo vergrößert ſich das Volumen auf der einen Seite der Scheidewand ſo lange, bis die Miſchung auf beiden Seiten keinen Unterſchied mehr zeigt. Dieſe Volumvermehrung auf einer Seite der Scheidewand wurde von Dutrochet Endosmoſe und die ihr entſprechende Verminderung auf der anderen Seite Exosmoſe genannt; beide Namen haben ſich noch erhalten, obgleich ſie inſofern unpaſſend ſind, als ſie einen Nebenumſtand in den Vordergrund ſtellen und alle Diffuſionsfälle unberückſichtigt laſſen, bei denen die entgegengeſetzten Ströme gleich ſind, alſo eine Volumszunahme auf keiner Seite ſtattfindet. Der Apparat, deſſen ſich Dutrochet zur Beobachtung der ſogenannten Endosmoſe

Digitized by Google

Fig. 78.



bediente, das Endosmometer, ist in Fig. 78 abgebildet. *a* ist eine enge Glasröhre, dicht aufgekorkt auf das Glasgefäß *b*, über dessen unteren Rand die Blase *c d* gebunden ist. Ist das Gefäß *b* mit Weingeist gefüllt und in einem weiteren Gefäße unter Wasser getaucht, so findet ein rasches Steigen auf Seiten des Weingeistes Statt, welches in 24 Stunden mehr als 1 Fuß betragen kann. Vergleicht man die Höhen mit einander, bis zu welchen die Flüssigkeiten in der Röhre *a* in gleichen Zeiten emporsteigen, oder die Zeiten, welche zur Erreichung gleicher Höhen nothwendig sind; so erhält man nach Dutrochet die relative Stärke der Endosmose. Diese ist für folgende organische Flüssigkeiten sämmtlich von der Dichte 1,01 und Wasser.

Auflösung von	
Hausenblase	3,0
Arabischem Gummi . .	5,2
Zucker	11,0
Eiweiß	12,0.

Zum Eiweiß strömt demnach das Wasser mit der größten Intensität.

Die Diffusion spielt eine Hauptrolle bei dem Stoffwechsel in organischen Körpern, diejenige der tropfbaren Flüssigkeiten insbesondere bei der Veränderung und Bewegung des Pflanzensaftes und bei der Umbildung der thierischen Säfte; wir haben sie deshalb als physikalische Grundlage einer sehr wichtigen physiologischen Lehre ausführlicher mitgetheilt.

Auflösung von starren Stoffen in tropfbaren Flüssigkeiten. — §. 55 **Auflösung, Krystallisation.** Bringt man starre Körper in tropfbare Flüssigkeiten, so verlieren sie häufig ihre starre Aggregationsform; sie werden von der Flüssigkeit aufgenommen, wie Kochsalz von Wasser, und flüssig gemacht. Diese Art der Durchdringung wird im engeren Sinne Auflösung genannt. Nur in wenigen Fällen ist das Mengenverhältniß zwischen dem Lösungsmittel und dem Gelösten ganz willkürlich, so daß, wie bei Gummi und Wasser, jede Menge des starren Körpers von jeder Menge der Flüssigkeit aufgenommen wird. Die Auflösung geht in diesen Fällen durch das Dickflüssige in das Halbstarre über, und der Grad ihres Flüssigseins nimmt ab, wenn die Menge des Aufgelösten zunimmt. In der großen Mehrzahl der Fälle hat jedoch das Auflösungsvermögen der Flüssigkeit eine Grenze; die Flüssigkeit kann über ein bestimmtes Maß hinaus von einem starren Körper nichts mehr aufnehmen. Eine Auflö-

Digitized by Google

sung heißt gesättigt, wenn die Menge des Gelösten dieses Maß erreicht hat; concentrirt, wenn sie ihm nahe kommt. Der Sättigungspunkt einer Flüssigkeit hängt von ihrer Temperatur ab. Wasser z. B. kann von den meisten Salzen um so mehr aufnehmen, je wärmer es ist. Bei einigen Salzen, z. B. beim Bittersalze, nimmt die Löslichkeit gleichmäßig zu mit der Temperatur, bei anderen Salzen, z. B. beim Salpeter, wächst dieselbe in einem rascheren Verhältnisse. Das reine Chlornatrium hingegen bedarf bei jeder Temperatur das 2,7fache Wasser zur Auflösung; endlich die Löslichkeit des schwefelsauren Natrons ist bei 33° C. am größten und fällt sowohl über, als unter dieser Temperatur geringer aus.

Eine wässerige Salzlösung vermag zuweilen von einem zweiten Salze mehr aufzunehmen, als reines Wasser, dies ist z. B. der Fall bei Salpeter und einer Kochsalzlösung.

Die Salzmenge, mit welcher sich das Wasser sättigt, ist unveränderlich, sobald man einen Ueberschuß von Salz anwendet. Gießt man aber eine gesättigte Lösung vom Ueberschusse des Salzes ab, so kann man ihr einen Antheil Wasser durch Verdampfung entziehen, ohne daß das Salz ausgeschieden wird, auch löst sie einiges Salz auf, welches in Pulverform eingestreut wird. Die Lösung heißt dann übersättigt; eine solche kehrt in den gewöhnlichen Zustand der Sättigung zurück, wenn man in sie gröbere Brocken des gelösten Salzes einbringt.

Die Eigenschaften einer Auflösung halten die Mitte zwischen denen des Lösungsmittels und des Aufgelösten. Dies gilt namentlich für die Dichte, welche bei wässerigen Lösungen mit der Menge des Aufgelösten zunimmt, so daß die Kenntniß des Einen zur Bestimmung des Anderen benutzt werden kann. Dies mag das Beispiel des Kochsalzes zeigen.

Tabelle zur Vergleichung der Dichte einer Lösung von reinem Kochsalz mit ihrem Salzgehalte, bei einer Temperatur von 15° C.

Salzgehalt in Pct.	Dichte.
0	0,999
1	1,006
2	1,014
3	1,021
4	1,128
5	1,035
6	1,041
7	1,050
8	1,057
9	1,065
10	1,072

Digitized by Google

Salzgehalt in Pct.	Dichte.
11	1,080
12	1,087
13	1,095
14	1,103
15	1,110
16	1,118
17	1,126
18	1,134
19	1,142
20	1,150
21	1,158
22	1,166
23	1,174
24	1,182
25	1,190
26	1,198.

Die Trennung des Aufgelöſten vom Auflöſungsmittel kann auf zweierlei Weiſe geſchehen, nämlich entweder durch Erkaltung der Auflöſung unter diejenige Temperatur, bei welcher ſie den Zuſtand der Sättigung erreicht, oder durch Verdampfung des Auflöſungsmittels (vergl. §. 65). Auf dem Wege der Erkaltung kann jedoch die Trennung nicht vollſtändig zu Stande gebracht werden; denn das Löſungsvermögen der Flüſſigkeit wird durch Temperaturerniedrigung nicht aufgehoben, ſondern nur geſchwächt. Eine bei 101°,5 C. geſättigte Löſung von Salpeter in Waſſer enthält auf 100 Theile Waſſer 236,4 Theile Salpeter; wird dieſelbe bis auf 5° abgekühlt, ſo ſcheiden ſich 119,7 Theile Salpeter aus, die übrigen 16,7 Theile bleiben aber gelöſt, indem ſie bei 5° mit 100 Theilen Waſſer eine geſättigte Löſung bilden. Aus einer Löſung von reinem Chlornatrium in Waſſer kann durch Erkaltung gar nichts ausgeſchieden werden, da der Sättigungspunkt derſelben von der Temperatur unabhängig iſt. Endlich eine bei 103°,2 C. geſättigte Löſung von ſchwefelſaurem Natron, welche auf 100 Waſſer 42,6 waſſerleeres Salz enthält, kann durch Erkaltung um wenige Grade nichts von ihrem Salzgehalte verlieren, da in dieſem Falle die Löslichkeit bei 33° am größten iſt; eine Ausſcheidung von Salz beginnt vielmehr erſt, nachdem die Temperatur unter 29° geſunken iſt, und nimmt von da bis 11° raſch zu, bis auf drei Viertheile des urſprünglichen Salzgehaltes.

Ein aus einer Löſung durch Erkaltung oder Verdampfung des Löſungsmittels ausgeſchiedener ſtarrer Körper zeigt eine mehr oder minder deut-

Digitized by Google

liche krystalliniſche Ausbildung. Im Allgemeinen entſtehen um ſo größere und deutlichere Kryſtalle, je langſamer die Ausſcheidung vor ſich geht, und je ruhiger die Auflöſung während der Ausſcheidung erhalten wird; eine raſche Ausſcheidung, beſonders aus einer bewegten Flüſſigkeit, liefert verworrene Haufwerke oft verſchwindend kleiner Kryſtalle. Dieſen Unterſchied zeigen die im Handel vorkommenden Zuckerſorten ſehr deutlich. Den ſchön kryſtalliſirten Candiszucker erhält man durch langſame und ruhige Ausſcheidung; der körnige Hutzucker wird durch raſche Erkaltung einer geſättigten Löſung, d. h. durch ſchnelle Ausſcheidung gewonnen, während welcher überdies die Maſſe umgerührt wird. Die Bildung der Kryſtalle wird durch rauhe oder eckige Körper befördert; daher bilden ſich Candiszuckerkryſtalle leicht an Bindfaden, die man in die Zuckerlöſung einhängt.

Bei der Auflöſung krystalliniſcher Stoffe wird Kälte erregt, wenn dieſelbe nicht mit einer chemiſchen Nebenwirkung, namentlich Aufnahme von Waſſer, verbunden iſt. Dieſe Kälteerregung iſt mitunter ſehr beträchtlich, beſteht z. B. bei der Löſung von gleichen Gewichtstheilen ſalpeterſauren Ammoniaks und Waſſers in einer Temperaturerniedrigung von $+12^{0},5$ C. auf -12^{0} C., und bei der gleichzeitigen Löſung von Salmiak und Salpeter in Waſſer wird ſogar eine Temperaturerniedrigung von nahe 40^{0} C. erzeugt.

Der Temperaturerniedrigung beim Auflöſen entſpricht eine Temperaturerhöhung beim Kryſtalliſiren, die beſonders bei raſcher Kryſtalliſation deutlich wahrnehmbar iſt.

Sehr häufig iſt die Auflöſung auch mit Erwärmung verbunden, dann aber gewöhnlich von einem chemiſchen Proceſſe begleitet, wie bei der Auflöſung von Kalkerde in Waſſer bei dem ſogenannten Kalklöſchen.

§. 56. **Abſorption von Gaſen durch tropfbare Flüſſigkeiten.** Füllt man ein Glas mit kaltem Waſſer, welches längere Zeit mit der Luft in Berührung geweſen iſt, und ſtellt es an einen warmen Ort, ſo bilden ſich an ſeinen Wänden kleine Bläschen in großer Menge, welche viel früher entweichen, als das Waſſer zum Sieden kommt. Dieſe Bläschen beſtehen aus Sauerſtoffgas und Stickſtoffgas, jedoch in einem etwas anderen Verhältniſſe gemengt, als in der atmoſphäriſchen Luft; während nämlich die atmoſphäriſche Luft 21 Volumprocente Sauerſtoffgas enthält, befinden ſich in dem aus dem Waſſer vor dem Sieden entweichenden Gasgemenge ungefähr 30 Volumprocente davon. Gekochtes Waſſer nimmt nach längerem Stehen an der Luft dieſe Gaſe wieder auf.

Dies iſt der gewöhnlichſte, aber keineswegs augenſcheinlichſte Fall, in dem ſich eine Durchdringung zwiſchen tropfbaren Flüſſigkeiten und Gaſen zeigt; man bezeichnet dieſelbe, wie die in §. 49 erörterte Erſcheinung, mit dem Namen Abſorption, obgleich ſie unter einem weſentlich andern Geſichtspunkte ſteht. Das einfachſte Verfahren zur Beobachtung und

Digitized by Google

Messung der Absorption ist folgendes. Man läßt das zu untersuchende Gas in eine etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll weite, mit einer Eintheilung des inneren Raumes versehene Glasröhre eintreten, welche vorher mit Quecksilber gefüllt und mit ihrem offenen Ende unter Quecksilber getaucht ist. Dann giebt man etwas von der Flüssigkeit hinzu, welche das Gas absorbiren soll, befördert die Absorption durch Schütteln und mißt das absorbirte Gasvolum erst, nachdem Gas und Flüssigkeit mehrere Tage lang mit einander in Berührung gestanden haben. Die Messung des Gasvolums vor und nach der Absorption muß natürlich unter Berücksichtigung des Druckes und der Temperatur (s. §. 65) vorgenommen werden. Versuche der Art haben zu folgenden Resultaten geführt.

I. Tabelle über die Absorption der Kohlensäure durch verschiedene Flüssigkeiten bei einer Temperatur von 18° C.

Bei 18° C. absorbirte 1 Volum:	bei der Dichte:	Volumina Kohlensäure.
Alkohol	0,803	2,60
Aether	0,727	2,17
Weingeist	0,840	1,87
Steinöl	0,784	1,69
Terpenthinöl . . .	0,860	1,66
Leinöl	0,940	1,56
Wasser	1,000	1,06
Salmiaklösung . . .	1,078	0,75
Gummilösung . . .	1,092	0,75
Zuckerlösung	1,104	0,72
Salpeterlösung . . .	1,139	0,57
Schwefelsäure . . .	1,840	0,45
Weinsäurelösung . .	1,285	0,41
Kochsalzlösung . . .	1,212	0,33

Anm. Bei sämmtlichen Lösungen ist das Lösungsmittel Wasser.

II. Tabelle über das Verhältniß, in welchem verschiedene Gase von verschiedenen Flüssigkeiten absorbirt werden.

Bei 18° C. werden absorbirt Volumina	von einem Volumen Wasser	Steinöl	Olivenöl	Gesättigte Lösung von Chlorcalcium
Oelbildendes Gas . .	0,155	2,61	1,22	0,10
Stickstoffoxydulgas . .	0,760	2,54	1,50	0,29
Kohlensäuregas . . .	1,060	1,69	1,51	0,61

Digitized by Google

III. Tabelle über die Absorption der Gase durch Wasser.

Bei 18° C. werden absorbirt Volumina:	Von einem Volumen Wasser
Schwefligsaures Gas . .	43,78
Schwefelwasserstoffgas . :	2,53
Kohlensäuregas	1,06
Stickstoffoxydulgas . . .	0,76
Oelbildendes Gas . . .	0,155
Sauerstoffgas	0,065
Kohlenoxydgas	0,062
Wasserstoffgas	0,046
Stickstoffgas	0,042

Aus den Zahlen der ersten Tabelle stellt sich zwar als ein in den meisten Fällen bestätigtes Resultat heraus, daß das Absorptionsvermögen der Flüssigkeiten mit ihrer Dichte in umgekehrtem Verhältnisse stehe; allein eine gesetzmäßige Abhängigkeit zwischen ihnen findet keineswegs Statt. Wie man ferner aus Tabelle II. ersieht, findet zwischen dem Absorptionsvermögen zweier Flüssigkeiten nicht dasselbe Verhältniß Statt bei Anwendung verschiedener Gase. Wasser z. B. absorbirt mehr Kohlensäure, als Stickstoffoxydulgas, Steinöl mehr Stickstoffoxydulgas, als Kohlensäure. Endlich nach Tabelle III. findet insofern eine Uebereinstimmung zwischen der Absorption durch Flüssigkeiten und durch starre Körper Statt, als auch bei der ersten diejenigen Gase am reichlichsten absorbirt werden, welche am leichtesten in die tropfbar-flüssige Aggregationsform übergehen.

Verändert man durch geeignete Apparate den Druck, dem das Gas während der Absorption ausgesetzt ist, so erhält man das absorbirte Gasvolumen doch immer gleich groß. Die Dichte der Gase, welche gleichmäßig mit dem Drucke zunimmt (vergl. §. 41), hat also keinen Einfluß auf das absorbirte Gasvolumen, und man kann es als ein der Wahrheit sehr nahe kommendes Gesetz betrachten, daß *das Volumen, welches eine Flüssigkeit von einem Gase bei bestimmter Temperatur absorbirt, unter jedem Drucke dasselbe ist, oder daß die Gewichtsmenge des absorbirten Gases gleichmäßig ab- und zunimmt, wie der auf dem Gase lastende Druck.*

Auch die Temperatur scheint auf die Größe des absorbirten Gasvolums keinen Einfluß zu haben, obgleich ganz genaue Versuche darüber noch nicht angestellt sind. Dies gilt jedoch nur bis zum Siedepunkte der Flüssigkeit,

Digitized by Google

bei dem diejenigen Gasarten, die von der Flüssigkeit verschluckt werden, ohne mit ihr eine chemische Verbindung einzugehen, nach und nach vollständig entweichen. Das beste Mittel, Wasser von Sauerstoff-, Stickstoff-, Kohlensäure-, Schwefelwasserstoff-, oder Ammoniakgas zu befreien, besteht darin, daß man das Wasser längere Zeit im Sieden erhält. Wasser hingegen, welches 19 Gewichtsprocente Chlorwasserstoffgas absorbirt hat, und damit eine chemische Verbindung darstellt, verdampft als Ganzes, so daß der Chlorwasserstoffgehalt des Rückstandes ungeändert bleibt.

Vermindert man den Druck auf eine mit Gas gesättigte Flüssigkeit, so giebt sie so viel Gas ab, bis das Gewicht des Rückstandes auf das Maß zurückgeführt ist, welches der mit dem Drucke verminderten Dichte entspricht. Findet die Verminderung des Druckes plötzlich Statt, so entweicht auch das Gas sehr rasch unter Aufschäumen der Flüssigkeit. Dies zeigt sich unter Anderem am Biere und Champagner. Beide Flüssigkeiten erleiden nach dem Verschlusse in den Flaschen eine langsame Nachgährung und absorbiren um so mehr von der dabei entwickelten Kohlensäure, je mehr sich dieselbe im Raume über dem Biere verdichtet, und je mehr demzufolge ihr Druck anwächst. Wird die Flasche geöffnet, so vermindert sich der Druck über der Flüssigkeit auf den gewöhnlichen atmosphärischen, und der größte Theil der absorbirten Kohlensäure geht fort. Hebt man den Druck auf die Flüssigkeit ganz auf, indem man sie unter den Recipienten der Luftpumpe bringt, so entweicht nach und nach alles absorbirte Gas.

Aus einem Gemenge werden die Gase in einem nicht allein von ihrer Mengung, sondern auch von ihrer Absorptionsfähigkeit abhängigen Verhältnisse aufgenommen. Ein Volumen Wasser z. B. absorbirt bei 18^0 aus dem 4,34fachen Volumen von Kohlensäuregas und Wasserstoffgas, die zu gleichen Raumtheilen gemengt waren, 0,44 Volumina vom ersten und 0,035 Volumina vom letzten, so daß die nicht absorbirten 3,865 Volumina des Gasgemenges fast doppelt so viel Wasserstoffgas, als Kohlensäuregas enthalten. Wären die beiden Gase einzeln dem Wasser dargeboten worden, so würde vom Kohlensäuregas ungefähr ein 18mal größeres Volumen absorbirt worden sein, als vom Wasserstoffgas, während die aus dem Gemenge aufgenommenen Volumina nur im Verhältnisse 13 : 1 stehen. Ferner von der atmosphärischen Luft absorbirt das Wasser 1,05 Volumina, in denen aber, wie bereits erwähnt, Sauerstoff in etwas größerem Verhältnisse enthalten ist, als in der Atmosphäre. Diese Erscheinungen stimmen damit ziemlich überein, daß jeder Theil eines Gasgemenges in einem zugleich seinem Drucke und seiner Absorptionsfähigkeit entsprechenden Maße verschluckt werde. Das Beispiel der atmosphärischen Luft wird dies verdeutlichen. In der atmosphärischen Luft sind 21 Volumina Sauerstoff mit 79 Stickstoff gemengt; setzen wir also den

Digitized by Google

Druck der atmosphärischen Luft = 1, so kommt davon auf das Sauerstoffgas 0,21, auf das Stickstoffgas 0,79 (vergl. §. 53). Vom Sauerstoffgase absorbirt Wasser sein 0,065faches Volumen, vom Stickstoffgase sein 0,042faches Volumen. Die absorbirten 0,065 Volumina Sauerstoffgas stehen aber unter dem Drucke 0,21, sie ziehen sich unter dem Drucke = 1 auf $0{,}065 \times 0{,}21 = 0{,}0136$ Volumina zusammen (vergl. §. 41); ebenso stehen die absorbirten 0,042 Volumina Stickstoffgas unter dem Drucke 0,79 und entsprechen $0{,}042 \times 0{,}79 = 0{,}0332$ Volumen unter dem Drucke = 1; für den Druck = 1 ist demnach das Gesammtvolumen der aus der atmosphärischen Luft absorbirten Gase $0{,}0136 + 0{,}0332 = 0{,}0468$, mit einem Sauerstoffgehalte von 29,16 Volumprocenten. Beide Angaben stehen der unmittelbaren Beobachtung sehr nahe.

Sättigt man eine Flüssigkeit mit einem Gase und setzt sie dann einem zweiten Gase aus, so verliert sie von dem ersten Gase und nimmt dafür vom zweiten Gase auf, und zwar ist das Verhältniß der Volumina, in welchem dieser Umtausch stattfindet, von der Absorptionsfähigkeit abhängig. Die gewöhnliche Ammoniakflüssigkeit, d. h. Wasser, welches mit Ammoniakgas gesättigt ist, haucht an der Luft fortwährend Ammoniakgas aus, von dem eine sehr bedeutende Menge durch sehr wenig atmosphärische Luft ersetzt wird, denn die Absorptionsfähigkeit des Ammoniakgases ist 13400mal größer, als die der atmosphärischen Luft.

Die Absorption ist stets mit Veränderungen des Volumens und der Dichte der absorbirenden Flüssigkeit verbunden. Das Volumen nimmt stets zu, selbst in denjenigen Fällen, wo sich die Dichte vermehrt. Wasser nimmt z. B. bei 0^{0} das 464fache Volumen Chlorwasserstoffgas auf und erhält dann die Dichte 1,21, dehnt sich aber doch im Verhältnisse 1 : 1,452 aus. Die Dichte des Chlorwasserstoffgases, auf diejenige des Wassers bezogen, ist nämlich bei 0^{0} $\frac{1{,}225}{770} = 0{,}00163$ (vergl. §. 30); 464 Volumina, auf 1 Volumen verdichtet, hätten also die Dichte 0,755, und das mit Chlorwasserstoff gesättigte Wasser müßte die Dichte 1,755 zeigen, wenn keine Volumsvergrößerung stattfände. Noch bedeutender ist die Volumsvergrößerung des Wassers bei der Absorption des Ammoniakgases; hier allerdings mit einer Verminderung der Dichte verbunden.

Die Dichte hängt so innig mit der Menge des absorbirten Gases zusammen, daß ihre Beobachtung zur Bestimmung der procentischen Zusammensetzung der Flüssigkeit hinreicht. Dies möge das Beispiel der Ammoniakflüssigkeit zeigen.

Digitized by Google

Tabelle über die Dichte und den Ammoniakgehalt einer Ammoniakflüssigkeit bei einer Temperatur von 8° R.

Dichte der Ammoniakflüssigkeit	Ammoniakgehalt in Pct.
0,8750	32,30
0,8857	29,25
0,9000	26.00
0,9054	25,37
0,9166	22,07
0,9255	19,54
0,9326	17,52
0,9385	15,88
0,9435	14,53
0,9476	13,46
0,9513	12,40
0,9545	11,56
0,9573	10,82
0,9597	10,17
0,9616	9,60
0,9692	9,50

Chemische Verbindung. Als die Hauptcharaktere chemischer Verbindungen sind bereits in §. 52 folgende angegeben: 1) Veränderung der mittleren Eigenschaft nach der Durchdringung; 2) festes Mengenverhältniß der Stoffe, zwischen denen die Durchdringung stattfindet; 3) Wärmeentwicklung während der Durchdringung. §. 57.

In Beziehung auf den ersten Punkt genügen einige ausgezeichnete Beispiele. Sauerstoffgas und Wasserstoffgas bilden bei ihrer chemischen Verbindung das tropfbar-flüssige Wasser, Chlorwasserstoffgas und Ammoniakgas einen starren Stoff, den Salmiak; Sauerstoffgas und der starre Kohlenstoff die gasförmige Kohlensäure. Hier springt der Unterschied von denjenigen Fällen, die in §. 52 als Lösungen bezeichnet wurden, sogleich in die Augen. Aber auch diejenigen chemischen Verbindungen, welche hinsichtlich der Aggregationsform mit Lösungen übereinstimmen, bieten in ihren mittleren Eigenschaften bedeutende Abweichungen. So verbindet sich die wasserleere Schwefelsäure mit dem Wasser zu Schwefelsäurehydrat. Das Schwefelsäurehydrat enthält 81,7 % Schwefelsäure

Digitized by Google

und 18,3 % Wasser; dieses erstarrt bei — 34° C. und siedet bei + 326° C., während sowohl der Erstarrungspunkt der beiden Bestandtheile (für Wasser 0°, für Schwefelsäure etwa + 20°) höher, als auch der Siedepunkt (für Wasser + 100°, für Schwefelsäure + 30°) niedriger liegt.

Die ausführlichere Besprechung des zweiten Punktes bleibt einer anderen Stelle vorbehalten; hier kommt es nur darauf an, eine anschauliche Vorstellung zu gewinnen, und dazu mag wieder das Beispiel der Wasserbildung dienen. Mengt man Wasserstoffgas und Sauerstoffgas, so durchdringen sie sich zu Wasser, wenn sie an irgend einer Stelle bis zum Rothglühen erwärmt wurden, und zwar immer in dem Gewichtsverhältnisse 1 : 8, oder in dem Raumverhältnisse 2 : 1. Befindet sich im Gasgemenge mehr, als $\frac{1}{9}$ vom Gewichte des Ganzen oder mehr, als $\frac{1}{3}$ vom Raume des Ganzen Wasserstoffgas, so bleibt dieses als Gas zurück, und ebenso erhält man einen Rest von Sauerstoffgas, wenn seine Menge mehr, als $\frac{1}{3}$ dem Raume nach, oder mehr, als $\frac{8}{9}$ dem Gewichte nach beträgt.

Endlich, was die Wärmeentwickelung während der chemischen Verbindung angeht, so brauchen wir blos an den Verbrennungsproceß des Holzes, des Oels und der Kohle zu erinnern, welcher in einer chemischen Verbindung zwischen dem Kohlenstoff- und Wasserstoffgehalte der genannten Stoffe und dem Sauerstoffe der atmosphärischen Luft beruht. Lösungen sind zwar auch häufig mit Wärmeentwickelung verbunden, aber einestheils findet dieselbe in geringerem Maßstabe Statt und anderentheils ist ihre Ursache nicht im Vorgange der Lösung für sich, sondern in der damit verbundenen Verdichtung zu suchen.

Der chemischen Verbindung geht häufig Lösung voraus, und sie bedarf einer gewissen Temperatur, um zu Stande zu kommen. Kohle z. B., in Berührung mit Sauerstoffgas, bleibt unverändert, bis sie die Glühhitze erreicht hat, dann aber verbindet sie sich mit dem Sauerstoffgase. Zwischen Wasserstoffgas und Sauerstoffgas findet bei gewöhnlicher Temperatur bloße Lösung Statt, chemische Verbindung, wie bereits erwähnt, erst bei der Rothglühhitze. Hingegen Chlorgas und Wasserstoffgas durchdringen sich schon bei gewöhnlicher Temperatur zu einer chemischen Verbindung.

Die Wärme, welche der chemische Verbindungsproceß selbst entwickelt, ist in der Regel bedeutender, als diejenige, welche denselben in Gang bringt, reicht daher auch in den meisten Fällen hin, um ihn fortzupflanzen. So tritt in einer beliebig großen Masse eines Gemenges von Wasserstoffgas und Sauerstoffgas Wasserbildung ein, wenn ein glühender Span hineingehalten, oder ein elektrischer Funken hindurchgeführt wird, die doch zunächst nur ihre Umgebung erwärmen.

Die Ursache der chemischen Verbindung nennt man chemische Verwandtschaftskraft oder Affinität.

Digitized by Google

III. Wärme.

1. Thermometer.

§. 58. Das Gefühl giebt zwar eine unmittelbare Vorstellung von Wärme und Kälte; seine Empfindungen sind aber zu unbestimmt und wechselnd, um darauf ein allgemeines und scharfes Urtheil über die Intensität oder den Grad der Wärme, über die Temperatur, zu begründen.

Das erste Erforderniß der Wärmelehre ist ein Instrument, welches, wenn auch willkürliche, doch constante Temperaturbestimmungen gestattet. Alle Instrumente der Art, Thermometer und Pyrometer, nehmen die mit dem Temperaturwechsel verbundenen Volumsveränderungen der Körper als maßgebend an und gehen von der Ausdehnungsgröße aus, welche zwischen zwei ganz constanten und leicht herzustellenden Normaltemperaturen, nämlich zwischen dem Schmelzpunkte des Eises und dem Siedepunkte des Wassers bei 28″ Barometerstand beobachtet wird.

Das bequemste und verbreitetste Thermometer ist das Quecksilberthermometer. Dasselbe besteht aus einem gewöhnlich kugelförmigen Glasgefäße und einer darangesetzten engen und möglichst calibrischen Glasröhre, Fig. 79. Das Gefäß und ein Theil der Röhre ist mit Queck-

Fig. 79.

silber gefüllt. Nimmt die Temperatur zu, so dehnt sich das Quecksilber aus und steigt in der Röhre, da die Ausdehnung des Glases viel geringer ist, als die des Quecksilbers, und umgekehrt, wenn die Temperatur abnimmt, so sinkt das Quecksilber in der Röhre. Das Steigen und Fallen der Quecksilbersäule beträgt um so mehr, je größer der Durchmesser des Gefäßes im Verhältnisse zum Durchmesser der Röhre genommen ist. Ist die Thermometerröhre vollkommen calibrisch, d. h. hat sie im Innern überall denselben Querschnitt, so entspricht einem gleich hohen Steigen oder einem gleich tiefen Sinken der Quecksilbersäule eine gleiche Ausdehnung oder Zusammenziehung des Quecksilbers im Glasgefäße, und dadurch wird eine gleiche Temperaturzunahme oder

Digitized by Google

Abnahme gemessen. Der Gebrauch des Queckſilberthermometers wird daher ſehr einfach, wenn man die Röhre mit einer Scale verſieht, auf welcher die Stellungen angemerkt ſind, welche das Queckſilber bei den zwei Normaltemperaturen in der Röhre erreicht, und dann den Zwiſchenraum zwiſchen dieſen beiden Stellungen den Fundamentalabſtand des Thermometers in beliebig viele Theile eintheilt. Dieſe Theile heißen Grade, und man trägt ihrer ſo viele unter dem Gefrierpunkte und über dem Siedepunkte weiter auf, daß die Scale alle gewöhnlich vorkommenden Temperaturen umfaßt. Die üblichen Eintheilungen des Fundamentalabſtandes ſind in 80, 100 und 180 Theile. Die erſte Eintheilung giebt die Reaumur'ſche Scale, die zweite die Celſius'ſche oder Centeſimalſcale, die dritte die Fahrenheit'ſche. Die Reaumur'ſche und Celſius'ſche Scale haben das mit einander gemeinſchaftlich, daß die Zählung der Grade vom Gefrierpunkte anfängt, gegen den Siedepunkt poſitiv genommen wird, in der entgegengeſetzten Richtung negativ. Die Fahrenheit'ſche Scale bezeichnet den Gefrierpunkt mit 32, hat alſo beim Siedepunkte die Zahl 112, und fängt ſo tief unter dem Gefrierpunkte an, daß negative Grade für das gewöhnliche Bedürfniß nicht erfordert werden. Um die Scale zu bezeichnen, nach welcher eine Temperatur angegeben worden iſt, ſetzt man hinter die Zahl der Grade den Anfangsbuchſtaben R., C. oder F. Reaumur'ſchen und Celſius'ſchen Graden unter dem Gefrierpunkte wird das Subtractionszeichen (—) vorgeſetzt. Die Temperaturangaben in Zahlen fallen natürlich nach Reaumur am kleinſten, nach Fahrenheit am größten aus; denn die Reaumur'ſchen Grade verhalten ſich zu den Celſius'ſchen und Fahrenheit'ſchen, wie $1/80 : 1/100 : 1/180$ oder wie $1/4 : 1/5 : 1/9$, d. h. 4 Reaumur'ſche Grade ſind gleich 5 Celſius'ſchen, oder 9 Fahrenheit'ſchen, und überdies iſt die Fahrenheit'ſche Zählung um 32 voraus.

Daraus ergiebt ſich die Regel, daß man eine Angabe nach Celſius mit $4/5$ multipliciren muß, um dieſelbe Temperatur nach Reaumur zu erhalten, und umgekehrt die Zahlen der Reaumur'ſchen Scale mit $5/4$, um auf die entſprechenden der Celſius'ſchen Scale zu kommen.

15^0 C. geben z. B. $15 . 4/5 = 12^0$ R., und 20^0 R. geben $20 . 5/4 = 25^0$ C.

Etwas weitläufiger iſt die Umwandlung zwiſchen Fahrenheit'ſchen und Celſius'ſchen, oder Reaumur'ſchen Graden. Um aus den Zahlen der Celſius'ſchen oder Reaumur'ſchen Scale diejenige der Fahrenheit'ſchen Scale abzuleiten, hat man die erſten mit $9/5$, die zweiten mit $9/4$ zu multipliciren und zum Product 32 zu addiren.

So ſind 15^0 C. $= 9/5 . 15 + 32 = 59^0$ F., ferner 20^0 R. $= 9/4 . 20 + 32 = 77^0$ F.

Digitized by Google

Um endlich eine Temperaturangabe nach Fahrenheit in Zahlen der Celsius'schen oder Reaumur'schen Scale auszudrücken, subtrahirt man von ihr 32 und multiplicirt den Rest im ersten Falle mit $^5/_9$, im anderen mit $^4/_9$.

So sind 68^0 F. $= {}^5/_9 (68 - 32) = 20^0$ C. und 86^0 F. $= {}^4/_9 (86 - 32) = 24^0$ R.

In Deutschland bedient man sich nur der Reaumur'schen und der Celsius'schen Scale. Die erste ist die ältere; ihr Gebrauch herrscht in der gewöhnlichen Praxis vor, ist aber für wissenschaftliche Zwecke durch die Celsius'sche Scale verdrängt worden, und diese bietet allerdings, wegen ihrer Fundamentalzahl 100, in Beziehung auf Bequemlichkeit und Uebersichtlichkeit sehr erhebliche Vortheile.

Sind die Thermometerröhren dick, so trägt man die Scale mittelst eines Diamanten gleich auf das Glas auf; dünne Röhren werden auf Holz- oder Metallleisten aufgelegt, auf denen die Theilung aufgetragen ist. Metallscalen haben allerdings den Vorzug größerer Haltbarkeit; sie dehnen sich aber bei der Erwärmung mehr aus, als hölzerne.

Der brauchbare Umfang des Quecksilberthermometers geht von etwa -31^0 R. oder -39^0 C. bis zu 256^0 R. oder 320^0 C.; denn unter der ersten Temperatur gefriert das Quecksilber und bei 280^0 R. oder 350^0 C. siedet es, fängt aber schon unter seinem Siedepunkte an, Dämpfe zu bilden. Zur Bestimmung von tieferen Temperaturen bedient man sich eines Thermometers, in welchem das Quecksilber durch Alkohol ersetzt ist, dessen Gefrierpunkt noch nicht erreicht worden ist. Zur Bestimmung von höheren Temperaturen dienen die Pyrometer; dazu benutzt man am besten Stangen aus sehr schwer schmelzbarem Metall, z. B. aus Platin, mißt durch geeignete Apparate die Ausdehnung derselben und vergleicht sie mit der innerhalb des Fundamentalabstandes stattfindenden. Die Angaben aller Pyrometer können jedoch nicht die Genauigkeit der Thermometer erreichen.

Ehe man ein Thermometer in Gebrauch nimmt, thut man gut, sich von der Richtigkeit seiner Normalpunkte zu überzeugen; denn es ist eine öfter gemachte Erfahrung, daß Thermometer, besonders mit dünnwandigen Gefäßen, mit der Zeit einen etwas zu hohen Stand zeigen. Ein Thermometer muß beim Eintauchen in schmelzendes, reines Eis so lange, als sich noch Eisstücke in dem Schmelzwasser befinden, 0^0 zeigen, und, den Dämpfen des bei 28″ Barometerstand siedenden Wassers ausgesetzt, 80^0 R. oder 100^0 C. angeben. Ob die Thermometerröhre calibrisch ist, läßt sich auf directe Weise am fertigen Instrumente nicht mehr prüfen. Endlich soll die Thermometerröhre über dem Quecksilber nur eine Spur Luft enthalten; dies findet Statt, wenn das Quecksilber beim Umkehren des Thermometers und bei schwachem Klopfen ziemlich bis an das zugeschmolzene Ende herunter sinkt. Doch muß man sich bei diesem Versuche davor in Acht nehmen,

Digitized by Google

daß sich die Queckſilberſäule nicht etwa trennt; denn häufig ſind die getrennten Stücke nicht wieder zu vereinigen.

2. Wirkungen der Wärme.

§. 59. Alle unorganiſchen Körper verändern mit der Temperatur ihr Volumen und ihre Aggregationsform. Mit Ausnahme des Waſſers und wäſſeriger Löſungen dehnen ſie ſich alle bei zunehmender Temperatur aus und ziehen ſich bei abnehmender zuſammen. Die anorganiſchen ſtarren Körper werden durch gehörige Temperaturerhöhung tropfbarflüſſig gemacht, die tropfbarflüſſigen in den gasförmigen Zuſtand übergeführt, und umgekehrt werden durch Temperaturerniedrigung die Gaſe zu tropfbaren Flüſſigkeiten condenſirt, und die tropfbaren Flüſſigkeiten weiter in ſtarre Körper verwandelt. Dieſes Geſetz laſſen wir als ein allgemeines gelten. Denn wenn auch einige ſtarre Stoffe, wie Kohle und Iridium, noch nicht geſchmolzen, einige tropfbare Flüſſigkeiten, wie viele geſchmolzene Salze und Metalle, noch nicht verdampft, und endlich einige Gaſe, wie Sauerſtoffgas und Stickſtoffgas, noch nicht condenſirt werden konnten, ſo darf doch der Grund nicht darin geſucht werden, daß es für dieſe Stoffe überhaupt keine Schmelzpunkte, Siedepunkte und Condenſationspunkte gäbe, ſondern darin, daß die Temperatur derſelben zu hoch, oder zu tief liegt, um willkürlich für die Beobachtung hervorgebracht werden zu können. Dichte und Aggregationsform der anorganiſchen Körper ſind demnach von der Temperatur abhängige Eigenſchaften.

Die meiſten organiſchen Körper ſtehen in dieſer Beziehung unter denſelben Geſetzen, wie die anorganiſchen; einige wenige, wie der Zellenſtoff der Pflanzen und die fetten Oele, liegen jedoch ganz entſchieden außerhalb derſelben, indem der erſte nicht geſchmolzen, die letzten nicht in Gas verwandelt werden können, ohne ſich zugleich weſentlich zu verändern, d. h. ohne in andere chemiſche Verbindungen zu zerfallen.

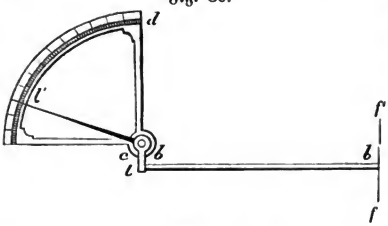
Die Temperaturen, bei welchen die Schmelzung und Vergaſung ſtattfindet, ſind nach der chemiſchen Natur, d. h. nach dem Stoffe der Körper, ſehr verſchieden; ihre Angabe iſt für die Charakteriſtik der verſchiedenen Stoffe von vorzüglicher Bedeutung, wie die ſpäteren Abſchnitte über Chemie zeigen werden.

§. 60. **Ausdehnung ſtarrer Körper durch die Wärme.** Die Ausdehnung ſtarrer Körper iſt innerhalb des Fundamentalabſtandes ſo gering, daß zu ihrer genauen Meſſung ſehr feine Apparate erfordert werden. Wenn es aber blos darauf ankommt, ſich vom Vorhandenſein dieſer Wirkung zu überzeugen, ſo reicht ſchon die einfache Vorrichtung aus, welche in Fig. 80 abgebildet iſt. Die Stange *b b'*, welche erwärmt werden ſoll,

Digitized by Google

stützt sich mit dem einen Ende an den festen Widerstand $f f'$, mit dem anderen drückt sie auf den kurzen Arm des Fühlhebels $l\,l'$, dessen längerer Arm an einem Gradbogen hinspielt. Dehnt sich die Stange in Folge der Temperaturerhöhung aus, so wird der Hebel gedreht, und das Ende seines längeren Armes beschreibt einen um so größeren Weg, je länger dieser Arm im Verhältniß zum anderen ist; die Ausdehnung der Stange kann auf diese Weise um ein Beliebiges vervielfacht werden, so daß schon die Wirkung der Erwärmung durch eine Spiritusflamme deutlich bemerkbar wird.

Fig. 80.



Die Ausdehnung ist nach der Natur der Körper sehr verschieden. Auch davon kann man sich mit Hülfe eines sehr einfachen Apparates überzeugen. Löthet man zwei gleiche Streifen, den einen von Eisen, den anderen von Messing, so mit ihren breiten Seiten an einander, daß sie bei gewöhnlicher Temperatur einen geraden Stab bilden, so krümmt sich derselbe sowohl bei Erniedrigung, als bei Erhöhung der Temperatur; im ersten Falle befindet sich das Eisen, im anderen das Messing auf der erhabenen Seite. Das Eisen verkürzt und verlängert sich also bei derselben Temperaturdifferenz weniger, als das Messing.

Alle nicht krystallinischen starren Körper und alle diejenigen Krystalle, in deren Begrenzung eine vollkommene Symmetrie rings um einen Punkt entwickelt ist (vergl. §. 36), dehnen sich nach allen Richtungen gleichmäßig aus, so daß man nur die Längenausdehnung nach einer Richtung zu messen braucht, um danach die körperliche Ausdehnung zu bestimmen. Die meisten Krystalle aber zeigen nach verschiedenen Richtungen in Uebereinstimmung mit den Verhältnissen der Symmetrie ihrer Begrenzungsflächen ungleiche Ausdehnbarkeit, ja es treten sogar in besonderen Richtungen bei der Erwärmung Zusammenziehungen ein. — In der folgenden Tabelle ist die lineare Ausdehnung der wichtigsten nicht krystallisirten starren Stoffe für eine Temperaturerhöhung von 0^0 auf 100^0 C. angegeben.

Tabelle über die Längenausdehnung der starren Stoffe zwischen dem Gefrierpunkte und dem Siedepunkte.

Stoffe:	Ausdehnung:
Antimon	$1/928$
Blei	$1/324 - 1/367$
Eisen	$1/838 - 1/909$

Digitized by Google

Stoffe:	Ausdehnung:
Glas (weißes)	$^1/_{1009}$ — $^1/_{1200}$
Gold	$^1/_{677}$ — $^1/_{762}$
Kupfer (geschlagenes) . . .	$^1/_{521}$ — $^1/_{588}$
Marmor (von Carrara) . .	$^1/_{1178}$
Messing	$^1/_{517}$ — $^1/_{548}$
Platin	$^1/_{1008}$ — $^1/_{1167}$
Silber	$^1/_{480}$ — $^1/_{524}$
Stahl	$^1/_{721}$ — $^1/_{930}$
Töpferzeug (braun, engl.) .	$^1/_{8333}$
Wismuth	$^1/_{718}$
Zink	$^1/_{328}$ — $^1/_{339}$
Zinn	$^1/_{407}$ — $^1/_{516}$.

Die Schwankungen in den Zahlen dieser Tabelle sind nur zum Theil als Beobachtungsfehler anzusehen; zum größeren Theile rühren sie daher, daß Stoffe, wie Stahl, Messing, Glas nicht immer dieselbe chemische Zusammensetzung haben, oder daß Stoffe, wie die Metalle, je nach ihrer Behandlung mit dem Hammer, unter dem Walzwerke, oder Drahtzuge, je nach ihrer Härte ungleiche physikalische Eigenschaften besitzen.

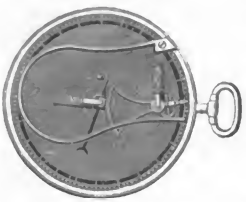
Vergleicht man die Ausdehnung starrer Körper mit der Ausdehnung des Quecksilbers in einem Glasgefäße, oder mit den Angaben des gewöhnlichen Quecksilberthermometers, so zeigt sich keine Uebereinstimmung und Gleichförmigkeit. Die Zunahme des Volumens für eine gleiche Temperaturerhöhung beträgt um so mehr, je höher die Temperatur ist, von der man ausgeht. Dies zeigen folgende Beispiele. Für eine Temperaturerhöhung von 0 auf 100° C. beträgt die Längenausdehnung des Eisens $^1/_{846}$, des Kupfers $^1/_{582}$, des Platins $^1/_{1131}$; hingegen für eine Temperaturerhöhung von 0° auf 300° C. ist die Längenausdehnung beim Eisen $^1/_{227}$, beim Kupfer $^1/_{177}$, beim Platin $^1/_{363}$; also immer beträchtlich größer, als das Dreifache der Ausdehnung zwischen 0 und 100° C., nämlich $^1/_{282}$ (= 3 . $^1/_{846}$), $^1/_{194}$ (= 3 . $^1/_{582}$) und $^1/_{377}$ (= 3 . $^1/_{1131}$).

Innerhalb des Fundamentalabstandes kann man jedoch die Ausdehnung starrer Körper und die Angaben des Quecksilberthermometers als gleichförmig veränderlich ansehen, ohne einen erheblichen Fehler zu begehen.

§. 61. **Metallthermometer.** Auf der ungleichen Längenausdehnung der Metalle beruht unter Anderem eine niedliche thermometrische Vorrichtung in Uhrform, das sogenannte Holzmann'sche Metallthermometer, Fig. 81. Der gebogene Metallstreifen *fgh* ist aus Eisen und Messing zusammengelöthet, so daß das Messing nach innen gekehrt ist. Das eine Ende desselben ist an das Gehäuse festgeschraubt, das andere Ende drückt auf den kurzen Arm eines Hebels, dessen längerer Arm *b* mit einem gezahnten

Digitized by Google

Fig. 81.

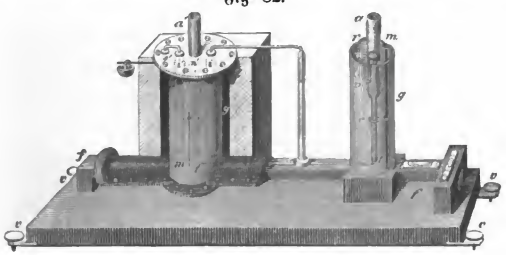


Kreisbogen $d\,d'$ versehen ist. Die Zähne dieses Bogens greifen in ein Getriebe, an welches der Zeiger $l\,i$ befestigt ist. Bei sinkender Temperatur biegt sich der Metallstreif $f\,g\,h$ zusammen, und der Zeiger wird von rechts nach links gedreht, bei steigender Temperatur biegt sich der Metallstreif auf, und der Zeiger wird durch eine an seiner Axe befestigte Spiralfeder von links nach rechts gedreht. Man mißt die Arme des Hebels b und die Zahl der Zähne des Getriebes und des Bogens d so ab, daß sich der Zeiger zwischen der gewöhnlich vorkommenden niedrigsten und höchsten Temperatur ungefähr einmal um seine Axe dreht, und graduirt den Umfang wenigstens von 10^0 zu 10^0 nach den Angaben eines Quecksilberthermometers.

Ausdehnung tropfbarer Flüssigkeiten. Daß tropfbare Flüssig- § 69.
keiten durch Erwärmung weit mehr ausgedehnt werden, als starre Körper, zeigt schon das Aufsteigen des Quecksilbers im gläsernen Thermometerrohre, welches nicht eintreten könnte, wenn sich die Glashülle in eben dem Maße erweiterte, in welchem sich das Quecksilber ausdehnt. Das Thermometer giebt aber auch zugleich ein Mittel an die Hand, die Ausdehnung des Quecksilbers zu bestimmen; indem man zu der scheinbaren Ausdehnung desselben im Glasgefäße nur noch die Ausdehnung des Glasgefäßes selbst hinzuzunehmen braucht. Dieselbe Betrachtungsweise ist auch für andere Flüssigkeiten anwendbar, die man an die Stelle des Quecksilbers in ein Thermometerrohr bringt. Allein die Ausdehnung eines Glasgefäßes kann nicht unmittelbar gemessen werden, wenigstens dann nicht, wenn die Messung einen so hohen Grad von Zuverlässigkeit haben soll, wie man ihn in diesem Falle fordern muß. Deshalb ist die Ausdehnungsgröße des Quecksilbers auf andere Weise gewonnen worden.

Zwei gleich weite verticale Glasröhren $a\,l$ und $a'\,l'$ (Fig. 82) sind

Fig. 82.



Digitized by Google

durch das enge Horizontalrohr $l\,l'$ mit einander verbunden und werden nicht ganz bis zum Rande mit Queckſilber gefüllt. Nach §. 18 ſteht das Queckſilber in beiden Verticalſchenkeln gleich hoch, ſo lange es einerlei Dichte hat oder ſo lange es durch die Wärme nicht ungleich ausgedehnt iſt; ſo wie man aber dem einen Schenkel eine höhere Temperatur und damit dem Queckſilber in ihm eine geringere Dichte giebt, ſo verlängert ſich die darin befindliche Queckſilberſäule, und zwar ſo, daß ihre Länge ſich verhält zur Länge der Queckſilberſäule im anderen Schenkel umgekehrt, wie die Dichte des Queckſilbers bei den beiden Temperaturen, oder direct, wie die der Temperaturdifferenz entſprechende Ausdehnung des Queckſilbers.

Die communicirenden Röhren ſind vermittelſt der Ringe $c'\,c$ und der Eiſenſtäbe $m'\,m$ auf das Brett $f\,f'$ befeſtigt, und werden durch die Stellſchrauben $v\,v\,v\,v$ vertical geſtellt. Der Schenkel $a\,l$ iſt mit einem Cylinder g umgeben, welcher mit ſchmelzendem Eiſe gefüllt wird; das Queckſilber in ihm wird dadurch auf der Temperatur 0^0 erhalten: der Cylinder g', welcher den Schenkel $a'\,l'$ umſchließt, iſt von Kupfer und mit Oel gefüllt, welches bis 300^0 C. erhitzt werden kann, ohne zu kochen; er wird wieder von einem Ofen umgeben, durch den das Oel und mittelbar das Queckſilber des Schenkels $a'\,l'$ erwärmt wird. Im Cylinder g' befinden ſich zwei Thermometer, ein Gewichtsthermometer i' und ein Luftthermometer i. Das Gewichtsthermometer beſteht aus einem mit Queckſilber gefüllten cylindriſchen Glasgefäße mit kurzem umgebogenen Halſe, deſſen Ende in eine capillare Spitze ausläuft und in ein mit Queckſilber gefülltes Schälchen taucht; Fig. 84 zeigt es in größerem Maßſtabe.

Fig. 83.

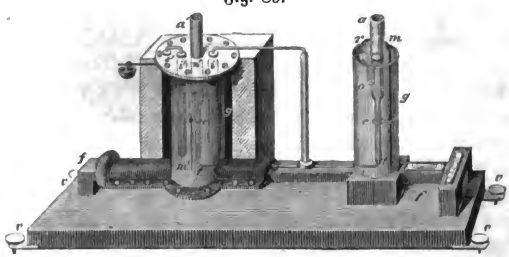


Fig. 84.

Das Luftthermometer beſteht aus einem cylindriſchen Glasgefäße mit engem, erſt horizontal, dann ſenkrecht abwärts gebogenem Halſe, deſſen Oeffnung unter Queckſilber getaucht iſt.

Die Beobachtung geſchieht nun folgendermaßen: das Gewichtsthermo-

Digitized by Google

meter wird in schmelzendes Eis getaucht, auf 0° erkaltet und gewogen, dann in das Oel des Cylinders g' getaucht. Hierauf wird der Ofen in Gang gebracht und dem Schenkel $a'\,t'$ eine constante Temperatur gegeben, während die Temperatur des Schenkels $a\,t$ diejenige des schmelzenden Eises, nämlich 0°, bleibt. Die verschiedenen Temperaturen der beiden Schenkel gleichen sich nur innerhalb des Canals $t\,t'$ aus, und dieser muß deshalb gehörig eng und lang sein. Zunächst wird nun mit Hülfe eines sehr feinen Meßapparates die Höhe der Quecksilbersäulen in beiden Schenkeln bestimmt, und daraus die zwischen den Temperaturen der beiden Schenkel stattfindende Ausdehnung berechnet. Dann nimmt man das Gewichtsthermometer aus dem Oele des Cylinders g' und wägt es; dieses Gewicht fällt geringer aus, als das bei 0° beobachtete; denn wegen der Ausdehnung ist ein Theil des Quecksilbers ausgelaufen. Das Verhältniß beider Gewichte entspricht der Ausdehnung des Quecksilbers im Glasgefäße, welches beim Quecksilberthermometer als Maß dient; zieht man diese Ausdehnung von der wahren für dieselbe Temperaturdifferenz bereits bestimmten Ausdehnung des Quecksilbers ab, so erhält man die Ausdehnung des Glasgefäßes. Das Luftthermometer ist bei der höheren Temperatur bis zur Oeffnung des Halses mit Luft gefüllt; es wird ebenfalls aus dem Cylinder g' herausgehoben und in schmelzendes Eis getaucht, jedoch so, daß währenddem die Oeffnung des Halses immer unter Quecksilber bleibt. Hat das Luftthermometer die Temperatur 0° angenommen, so ist der Hals zum Theil mit Quecksilber gefüllt, denn die Luft hat sich beim Erkalten zusammengezogen. Das übrig gebliebene Luftvolum, verglichen mit dem ganzen inneren Raume des Luftthermometers, giebt die Ausdehnung der Luft in einem Glasgefäße. Und daraus ergiebt sich die wahre Ausdehnung der Luft, wenn man die Ausdehnung des Glases abzieht.

Dieser sinnreiche Apparat führt also zugleich zur Kenntniß der Ausdehnung des Quecksilbers, des Glases und der Luft. Innerhalb des Fundamentalabstandes dehnen sich alle drei Stoffe fast gleichförmig aus; die wahre Ausdehnung des Quecksilbers beträgt $1/55{,}5$, diejenige des Quecksilbers im Glasgefäße $1/64{,}8$, folglich die wahre Ausdehnung des Glases $1/387$.

Das Quecksilber dehnt sich continuirlich mit der Temperaturerhöhung aus und zieht sich mit der Temperaturerniedrigung zusammen. Dieses Verhalten zeigen auch die anderen untersuchten tropfbaren Flüssigkeiten, mit Ausnahme des Wassers und wässeriger Lösungen, welche in der Nähe des Gefrierpunktes ein Maximum der Dichte zeigen. Läßt man nämlich reines Wasser erkalten und taucht zwei recht empfindliche Thermometer hinein, so daß die Kugel des einen höher steht, als die des anderen, so zeigt das obere Thermometer so lange die höhere Temperatur, bis das

Digitized by Google

untere Thermometer auf 3°,1 R. oder 3°,9 C. gesunken ist, dann aber kehrt sich das Verhältniß um und das untere Thermometer behält bis zum völligen Gefrieren einen höheren Stand bei, als das obere. Bis zu 3°,1 R. ist also kälteres Wasser dichter, als wärmeres und sinkt deshalb unter (vergl. §. 21); beim Erkalten unter 3°,1 R. findet wieder eine Ausdehnung Statt, so daß das kältere Wasser, als das minder dichte, obenauf schwimmen muß. Das Dichtigkeitsmaximum der Salzlösungen liegt stets tiefer, als das des Wassers; ein Gehalt an Kochsalz von 1 % senkt die Temperatur des Dichtigkeitsmaximums auf 2°,3 R., ein Gehalt von 2°,5 % auf 0°, danach würde das Meerwasser seine größte Dichte bei — 2°,9 R. haben, wenn es nicht schon bei — 2° R. unter Ausscheidung eines Theiles Wasser gefröre.

Die Ausdehnung der tropfbaren Flüssigkeiten zeigt unter einander und mit dem Quecksilber keine Gleichförmigkeit.

Tabelle über die Ausdehnung des Wassers.

Temperatur nach C.	Dichte des Wassers	Temperatur nach C.	Dichte des Wassers
0°	1,000000	50°	0,988563
3,9	1,000118	55	0,986297
5	1,000103	60	0,983867
10	0,999855	65	0,981280
15	0,999280	70	0,978559
20	0,998408	75	0,975685
25	0,997267	80	0,972695
30	0,995802	85	0,969590
35	0,994272	90	0,966379
40	0,992560	95	0,963070
45	0,990654	100	0,959678

§. 63. **Ausdehnung der Gase.** Für die Bestimmung der Ausdehnbarkeit der Gasarten bieten sich zweierlei Methoden dar, indem man entweder die Volumina mißt, welche ein Gas bei verschiedenen Temperaturen annimmt, oder den Druck, durch welchen es bei verschiedenen Temperaturen auf einem und demselben Volumen erhalten wird. Die Anwendbarkeit der zweiten Methode gründet sich auf die Gültigkeit des Mariotte'schen Gesetzes (vergl. §. 41), sie hat, obgleich nicht auf ganz directem Wege, zu genaue-

Digitized by Google

ren Resultaten geführt, als die erste Methode. Diese Resultate sind sehr einfach. Alle Gase nämlich dehnen sich innerhalb derselben Temperaturdifferenz gleichmäßig und sehr nahe um gleich viel aus, und zwar innerhalb des Fundamentalabstandes um etwas mehr, als um $\frac{1}{3}$ ihres ursprünglichen Volumens. Dies zeigt die folgende Uebersicht.

Tabelle über die Ausdehnung der Gase bei der Temperaturerhöhung vom Gefrierpunkte bis zum Siedepunkte.

Gase	Dichte
Atmosphärische Luft . .	0,3665
Stickstoff	0,3668
Wasserstoff	0,3656
Kohlensäure	0,3691
Kohlenoxyd	0,3667
Cyan	0,3682
Stickstoffoxydul	0,3676
Schweflige Säure . . .	0,3856
Chlorwasserstoff	0,3681

Die Zahlen dieser Tabelle sind mit der äußersten Sorgfalt bestimmt. Nach ihnen zeigen diejenigen Gase, die bis jetzt noch nicht condensirt werden konnten, die sich also bei gewöhnlicher Temperatur im vollkommen gasförmigen Zustande befinden, wie atmosphärische Luft, Stickstoff, Wasserstoff und Kohlenoxyd, ein gleiches Verhalten, wenigstens liegen die Abweichungen der Grenze der unvermeidlichen Beobachtungsfehler sehr nahe. Größere Abweichungen bieten die übrigen untersuchten Gase, die sich aber auch sämmtlich als condensirbar erwiesen haben (vergl. §. 41 und §. 69). Man darf deshalb das Gesetz aufstellen, daß alle Gase durch die Wärme gleich stark ausgedehnt werden, wenn man die Beschränkung hinzufügt, daß ein Gas schon in der Nähe seines Condensationspunktes aufhört, ein vollkommenes Gas zu sein, eben so wohl hinsichtlich seines Verhaltens gegen die Wärme, als hinsichtlich seiner Elasticität.

§. 64. **Luftthermometer.** Der hohe Grad von Uebereinstimmung, den die Ausdehnung der Gase durch die Wärme darbietet, macht die Annahme sehr wahrscheinlich, daß man darin ein wahres und nicht blos beständiges Maß der Wärme habe. Diese Annahme hat die Construction des bereits in §. 62 erwähnten Luftthermometers veranlaßt. Gewöhnlich besteht dasselbe aus einer Glaskugel mit angesetztem engen cylindrischen Halse. In

Digitized by Google

der Glaskugel befindet sich Luft, die von der äußeren durch einen Quecksilbertropfen abgesperrt ist. Der Quecksilbertropfen schiebt sich im Halse vor- oder rückwärts, je nachdem die Luft sich ausdehnt oder zusammenzieht, und dient als Zeiger zur Abmessung des Luftvolums. Das so abgemessene Luftvolum giebt aber unmittelbar nur die scheinbare Ausdehnung der Luft in einem Glasgefäße, welche um die Ausdehnung des Glasgefäßes selbst geringer ist, als seine wahre.

Innerhalb einer Temperaturdifferenz von — 29° R. oder — 36° C. bis zum Siedepunkte zeigt jedoch das Quecksilberthermometer mit dem Luftthermometer einen so weit übereinstimmenden Gang, daß seine Grade als wahre Wärmegrade angesehen werden können. Erst bei höheren Temperaturen eilt das Quecksilberthermometer vor und würde z. B. 250° C. angeben, wo die wahre Temperatur nach dem Luftthermometer 245° C. ist.

§. 65. **Ausdehnungscoefficienten.** Aus dem Inhalte der vorigen Paragraphen ergiebt sich, daß eine Vergleichungszahl zwischen der Masse und dem Volumen eines Körpers nur für eine Temperatur gelten kann. Will man daher mit einer einzigen solchen Vergleichungszahl ausreichen, so muß man die Größe berücksichtigen, um welche sich das Volumen eines Körpers innerhalb der Differenz zwischen der Normaltemperatur und der obwaltenden Temperatur ausdehnt und diese zu dem beobachteten Volumen zurechnen, oder von ihm abziehen; man muß das Volumen des Körpers auf die Normaltemperatur reduciren. Die Reduction ist deshalb für Temperaturen unter dem Siedepunkte keine schwierige Sache, weil sich die Körper innerhalb des Fundamentalabstandes nahe genug gleichmäßig ausdehnen, um auf jeden Grad der Thermometerscale eine gleiche Volumszunahme zu rechnen, nämlich für die Celsius'sche Scale $1/100$, für die Reaumur'sche $1/80$ von derjenigen Ausdehnung, welche bei der Temperaturerhöhung vom Gefrierpunkte bis zum Siedepunkte des Wassers beobachtet worden ist. Das Quecksilber z. B. dehnt sich vom Gefrierpunkte bis zum Siedepunkte um $1/55,5$ aus, demnach kommt auf jeden Celsius'schen Grad eine Ausdehnung von $1/5550$, auf 20 Grade das Zwanzigfache davon, $20/5550 = 1/2775$; eine Quecksilbermasse, welche bei 0° einen Kubikzoll ausmacht, nimmt bei 20° C. den Raum von $1 + 1/2775 = 1{,}000043$ Kubikzollen ein, eine Quecksilbermasse von 2,37 Kubikzollen bei 0° den Raum von $2{,}37 . 1{,}000043 = 2{,}37019$ Kubikzollen bei 20°. Die Zahl $1/5550$ heißt der Ausdehnungscoefficient für das Quecksilber. Um ein Quecksilbervolum von einer Temperatur auf eine andere zu reduciren, multiplicirt man den Ausdehnungscoefficienten mit dem Unterschiede der beiden Temperaturen, und mit dem beobachteten Volumen, und setzt das Product zu, wenn die Temperatur, auf welche reducirt wird, die höhere ist, oder zieht sie vom beobachteten Volumen ab,

Digitized by Google

wenn die Temperatur, auf welche reducirt wird, die niedrigere ist. Dieselbe Bedeutung, wie $^1/_{5550}$ für das Quecksilber, haben andere Zahlen, als Ausdehnungscoefficienten für andere Stoffe. Beispiele werden den Gebrauch der Ausdehnungscoefficienten deutlicher machen.

Das Eisen dehnt sich von 0 — 100° C. um $^1/_{846}$ seiner Länge aus, folglich für einen Celsius'schen Grad um $^1/_{84600}$, und diese Zahl ist der Ausdehnungscoefficient des Eisens. Ein eiserner Maßstab, der bei 15° C. seine richtige Länge von 1 Fuß hat, ist bei 30° C. um $\frac{30 - 15}{84600} = 0{,}000177$ Fuß zu lang, bei 1° um ebenso viel zu kurz.

Die Angabe des Barometerstandes ohne Berücksichtigung der Temperatur giebt kein genaues Maß für den Luftdruck; denn das Quecksilber im Barometer ändert seine Dichte mit der Temperatur, und eine gleich hohe Quecksilbersäule übt bei höheren Temperaturen einen geringeren Bodendruck aus, als bei niedrigeren. Um die bei verschiedenen Temperaturen abgelesenen Barometerstände mit einander vergleichbar zu machen, pflegt man sie auf 0° zu reduciren. Sei 27″,5 ein Barometerstand bei 15° C., so wird er durch die Reduction vermindert auf $27'',5 - \frac{27'',5.15}{5550} = 27'',4$. Bei einer Temperatur von — 15° C. würde hingegen derselbe Barometerstand einem reducirten entsprechen von $27'',5 + \frac{27'',5.15}{5550} = 27'',6$.

Die räumliche Messung eines Gases kann nur dann einen Schluß auf das Gewicht gestatten, wenn man zugleich die Temperatur und die Spannung des Gases während der Messung berücksichtigt. Gasvolumina pflegt man ebenfalls auf 0° zu reduciren und auf eine Spannung von 28″. Die Reductionsrechnungen sind auch hier sehr einfach; ein Beispiel wird genügen. Eine Quantität Stickstoffgas nimmt bei 12° C. den Raum von 10,1 Kubikzollen ein, folglich bei 0° den geringeren von $10{,}1 - 10{,}1 . 12 . 0{,}003668 = 9{,}65$. Dabei ist jedoch die Spannung des Gases 27″,3, sein Raum würde also bei einer Spannung von 28″ sich vermindern im Verhältnisse von $\frac{27{,}3}{28}$, d. h. auf $\frac{27{,}3}{28} \cdot 9{,}65 = 9{,}41$ Kubikzolle.

Schmelzung starrer Stoffe. — Erstarrung tropfbarer Flüssigkeiten. — Schmelzungswärme. §. 66. Starre Körper dehnen sich bei steigender Temperatur nur bis zu einer gewissen Grenze aus und gehen dann aus der starren in die tropfbar-flüssige Aggregationsform über, sie *schmelzen*. Ebenso ziehen sich tropfbare Flüssigkeiten nur bis zu einer gewissen Grenze der sinkenden Temperatur zusammen und erstarren dann,

Digitized by Google

sie gefrieren. Die Temperatur des Schmelz- und Gefrierpunktes fällt für denselben Stoff zusammen; der Uebergang zwischen der starren und tropfbar flüssigen Aggregationsform erfolgt bei derselben Temperatur, man mag den Stoff im flüssigen Zustande erkalten, oder im starren erwärmen. Jedoch gelingt es häufig, eine tropfbare Flüssigkeit im Zustande der vollkommensten Ruhe und Klarheit bis weit unter den eigentlichen Gefrierpunkt zu erkalten, ohne daß sie erstarrt; allein dann reicht die geringste Erschütterung hin, sie theilweise zu erstarren und dadurch ihre Temperatur auf den gewöhnlichen Erstarrungspunkt zurückzuführen. Wasser z. B. kann auf diese Weise bis — 10° R. erkaltet werden.

Alle wässerigen Salzlösungen erstarren bei einer niedrigeren Temperatur, als das Wasser. Die Senkung des Erstarrungspunktes unter 0° ist der Menge des aufgelösten Salzes nahe proportional; so gefrieren Lösungen von 11,2 %, 24,2 %, 35,8 % und 48,2 % Chlornatriumgehalt bei — 1° R., — 1°,8 R., — 2°,2 R. und — 3°,4 R.

Von denjenigen Gasen, welche das Wasser in geringer Menge absorbirt, wird der größte Theil beim Erstarren plötzlich ausgestoßen, und nur ein kleiner Theil wird vom Eise mechanisch in Form kleiner Bläschen zurückgehalten. Die reichlicher absorbirbaren Gase bleiben hingegen ganz oder doch zum größten Theile im Wasser zurück, erstarren aber, wie Salzlösungen, erst unter 0°, die Ammoniakflüssigkeit z. B. bei — 32° R. oder — 40° C.

Setzt man zwei gleiche Gefäße, von denen das eine mit Wasser von 0°, das andere mit Eis von 0° gefüllt ist, einer gewöhnlichen Temperatur von 15° C. aus und senkt in jedes ein Thermometer, so beobachtet man, daß die Temperatur des Wassers nach und nach von 0° bis 15° steigt, während diejenige des Eises constant 0° bleibt, so lange, bis alles Eis sich in Wasser von 0° verwandelt. Werden die beiden Gefäße einer Temperatur einige Grade unter 0 ausgesetzt, so fängt umgekehrt die Temperatur des Eises sogleich an zu sinken, während die des Wassers so lange auf 0° verharrt, bis das Wasser völlig erstarrt ist. Man ersieht hieraus, daß dem Eise von 0° eine gewisse Menge von Wärme zugeführt werden muß, wenn es in Wasser von 0° übergehen soll; und ebenso, daß dem Wasser von 0° diese Wärme wieder entzogen werden muß, um es in Eis von 0° zu verwandeln. Man nennt diese Wärmemenge die latente Wärme oder Schmelzungswärme des Wassers. Bei jeder Schmelzung wird Wärme gebunden, und bei jeder Erstarrung wird Wärme frei. Mischt man Wasser von 90° C. mit Eis von 0° zu gleichen Gewichtstheilen, so erhält man nach der Schmelzung zwei Gewichtstheile Wasser von etwa 10° C. Das Wasser hat also von seiner Temperatur 80° C. verloren, und dadurch würde ein Gewichtstheil Wasser von 0° auf 80° C. erwärmt worden sein, das Eis von 0° hat dieselbe Wärmemenge aufgenommen

Digitized by Google

und hat doch nur Wasser von 10° C. gegeben, es hat also eine Wärmemenge verschluckt, durch welche eine gleiche Gewichtsmenge Wasser von 0° auf 70° C. erwärmt worden wäre. Nimmt man bei dergleichen Versuchen noch auf den Verlust Rücksicht, der durch Wärmemittheilung an das Gefäß und durch Wärmeausstrahlung entsteht, so erhält man die Menge der verschluckten Wärme noch etwas größer, für Wasser z. B. nicht 70, sondern 79°; die Zahl 79 heißt dann schlechthin die latente Wärme des Wassers oder seine Schmelzungswärme.

Sieden und Verdampfen der tropfbaren Flüssigkeiten in freier Luft. §. 67. Tropfbare Flüssigkeiten können in freier Luft ebenso wenig, als starre Körper durch Erwärmung über jede Grenze ausgedehnt werden, sondern gerathen bei einer bestimmten Temperatur in eine wallende Bewegung, sie *sieden* und verwandeln sich dabei in Gase, die man *Dämpfe* nennt.

Die Temperatur des Siedepunktes ist nach der Natur der Flüssigkeit sehr verschieden, sie steigt und sinkt mit dem Drucke der Luft und hängt überdies von der Beschaffenheit der Innenwand des Gefäßes ab, in dem die Flüssigkeit zum Sieden gebracht wird. Wasser z. B. siedet in gläsernen Gefäßen bei einer um etwa 2° C. höheren Temperatur, als in metallenen, und der Siedepunkt sinkt noch um einige Zehntelgrade, wenn man die Innenwand des Gefäßes mit Schwefel, Schellack oder überhaupt mit einer solchen Substanz überkleidet, an welcher das Wasser nicht merklich adhärirt.

Aufgelöste starre Stoffe erhöhen den Siedepunkt einer Flüssigkeit, und zwar um so bedeutender, je mehr die Menge des Aufgelösten beträgt. Wässerige Lösungen zeigen dies in folgender Weise:

Tabelle über den Siedepunkt der Salzlösungen.

Beim Siedepunkte gesättigte Lösung von:	siedet bei		enthält Salz auf 100 Th. Wasser
Kohlensaures Natron . .	83°,7 R.	104°,6 C.	48,5
Kohlensaures Kali . . .	108,0	135,0	205,0
Chlornatrium	86,7	108,4	41,2
Chlorkalium	86,8	108,3	59,4
Salmiak	91,4	114,2	88,9
Chlorcalcium	143,6	179,5	325,0
Salpetersaures Natron .	96,8	121,0	224,8
Salpetersaures Kali . .	92,7	115,9	335,1
Phosphorsaures Natron .	85,2	106,5	113,2
Essigsaures Kali . . .	135,2	169,0	798,2
Neutrales weinsaures Kali	91,8	114,7	296,2

Digitized by Google

Tabelle über den Siedepunkt einer Kochsalzlösung.

Siedepunkt	Salzgehalt auf 100 Th. Wasser
100° C.	0,0
101	7,7
102	13,4
103	18,3
104	23,1
105	27,7
106	31,8
107	35,8
108	39,7

Der Siedepunkt einer wässerigen Kochsalzlösung steigt demzufolge während des Siedens, indem ihr Salzgehalt in dem Maße zunimmt, als Wasser in Dampfgestalt fortgegangen ist.

Den entgegengesetzten Einfluß, wie aufgelöste starre Stoffe, äußern absorbirte Gase, wenigstens, wenn sie in reichlicher Menge absorbirt werden, ohne eine chemische Verbindung einzugehen. Ein Beispiel dafür giebt die Ammoniakflüssigkeit.

Tabelle über den Siedepunkt der Ammoniakflüssigkeit.

Ammoniakgehalt in Procenten	Siedepunkt		Ammoniakgehalt in Procenten	Siedepunkt	
35,3	— 5°,0 R.	— 4° C.	15,1	40°,0 R.	50° C.
32,6	,8	3°,5	12,8	45,6	57
29,9	8,0	10	10,5	50,4	63
27,3	13,6	17	8,3	56,0	70
24,7	18,4	23	6,2	63,2	79
22,2	24,0	30	4,1	69,6	87
19,8	29,6	37	2,0	73,6	92
17,4	35,	44			

Eine Mischung von zwei tropfbaren Flüssigkeiten, die sich in einander lösen, ohne sich chemisch zu verbinden, hat einen Siedepunkt, der zwischen

Digitized by Google

den Siedepunkten der einzelnen Flüssigkeiten inne steht, und zwar dem Siedepunkte derjenigen Flüssigkeit am nächsten, die in der Mischung vorwaltet. Der Siedepunkt erhöht sich aber während des Siedens in diesem Falle ebenso, wie bei einer Salzlösung, indem sich das Mischungsverhältniß ändert; denn die Dämpfe sind an demjenigen Gemengtheile reicher, der den niedrigeren Siedepunkt hat. Ein sehr wichtiges Beispiel dieser Art liefert der Weingeist, die Mischung von Alkohol und Wasser.

Tabelle über den Alkoholgehalt der Weingeistdämpfe.

Siedepunkt		Alkoholgehalt in Volumsprocenten	
		der siedenden Flüssigkeit	der übergehenden Dämpfe
62°,0 R.	77°,50 C.	90	92,0
62,2	77,81	85	91,5
62,5	78,15	80	90,5
63,0	78,75	75	90,0
63,5	79,50	70	89,0
64,0	80,00	65	87,0
65,0	81,25	50	85,0
66,0	82,50	40	82,0
67,0	83,75	35	80,0
68,0	85,00	30	78,0
69,0	86,25	25	76,0
70,0	87,50	20	71,0
72,0	90,00	15	66,0
74,0	92,50	10	55,0
76,0	95,00	5	42,0
80,0	100,00	0	0

Entsteht bei der Absorption eines Gases in einer tropfbaren Flüssigkeit oder bei der Durchdringung zweier tropfbaren Flüssigkeiten eine chemische Verbindung, so ändern sich die Verhältnisse in der früher (vergl. §. 57) angedeuteten Weise. Wasser z. B., welches 19 % Chlorwasserstoffsäuregas absorbirt hat, siedet bei etwa 88° R. oder 110° C., ohne seine Mischung während des Siedens zu verändern. Das Chlorwasserstoffsäuregas hat sich mit dem Wasser chemisch verbunden, so daß es nicht für sich als Gas entweichen kann, und der Siedepunkt des Wassers ist durch das absorbirte Gas nicht erniedrigt, sondern vielmehr erhöht worden. Das Schwefelsäurehydrat

Digitized by Google

enthält 81,7 % Schwefelsäure und 18,3 % Wasser; es entsteht bei der Lösung beider Flüssigkeiten in dem angegebenen Verhältnisse, hat aber seinen Siedepunkt nicht zwischen dem des Wassers, 80° R. oder 100° C., und dem der Schwefelsäure, 24° R. oder 30° C., sondern weit höher bei 260° R. oder 326° C. und verdampft als Ganzes.

Die Temperatur der beim Siedepunkte entstandenen Dämpfe ist weit beständiger, als die Temperatur der siedenden Flüssigkeiten. So hat Wasserdampf, der beim Siedepunkte natürlich unter demselben Luftdrucke entstanden ist, dieselbe Temperatur, man mag reines Wasser in einem Gefäße aus Metall oder Glas zum Sieden gebracht haben, oder eine wässerige Salzlösung. Die Temperatur der Dämpfe ist im Allgemeinen niedriger, als diejenige der siedenden Flüssigkeit selbst in denjenigen Fällen, wo die Flüssigkeit als Ganzes ohne Rückstand oder Ausscheidung verdampft.

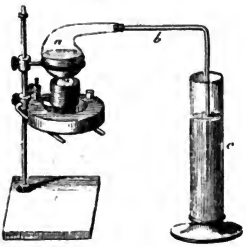
Die Dampfbildung ist nicht auf die Temperatur des Siedepunktes beschränkt, sie findet auch bei gewöhnlicher Temperatur Statt. Am Wasser erkennt man dies sehr augenscheinlich. Befeuchtete Gegenstände trocknen in freier Luft nach längerer oder kürzerer Zeit wieder ab; und das Wasser verschwindet nach und nach an solchen Orten wieder, wo es keinen fortwährenden Zufluß hat. Während aber beim Sieden Dämpfe nicht blos an der Oberfläche entstehen, sondern auch am Boden und mitten in der Flüssigkeit, ist die Dampfbildung bei Temperaturen unter dem Siedepunkte auf die Oberfläche beschränkt. Bei einigen Stoffen ist sie nicht einmal auf den flüssigen Zustand beschränkt, sondern findet auch noch unter dem Gefrierpunkte Statt; bei anderen wird sie schon oberhalb des Gefrierpunktes unmerklich. Auch das Eis liefert Dämpfe; denn dünne Eis- und Schneelagen verschwinden bei heiterer Witterung im Winter selbst von solchen Stellen, wohin die Sonnenstrahlen nicht treffen, und vom krystallisirten Jod steigen fortwährend Dämpfe auf. Das Quecksilber hingegen nimmt auch nach langer Zeit an Gewicht nicht mehr ab, wenn seine Temperatur unter etwa 5° gesunken ist.

§. 68. **Verdampfungswärme, oder latente Wärme der Dämpfe.** Wie bei der Schmelzung, so wird auch bei der Verdampfung Wärme gebunden oder latent. Eine siedende Flüssigkeit, die als Ganzes verdampft, behält, wenn der Druck auf ihre Oberfläche nicht verändert wird, so lange dieselbe Temperatur, bis sie sich völlig in Gas verwandelt hat. Die Wärme also, die ihr zugeführt werden muß, um das Sieden zu erhalten, dient nur zur Verwandlung der Flüssigkeit von der Temperatur des Siedepunktes in Dampf von derselben Temperatur. Sollen Dämpfe wieder verdichtet werden, so muß ihnen diese latente Wärme wieder entzogen werden. Die latente Wärme der Dämpfe oder die Verdampfungswärme der Stoffe ist weit beträchtlicher, als ihre Schmelzungswärme.

Digitized by Google

Befindet sich im Glasgefäße *a*, Fig. 85, Wasser, welches durch eine Weingeistlampe zum Sieden gebracht wird, und leitet man die Wasserdämpfe durch das Rohr *b* in den mit kaltem Wasser gefüllten Cylinder *c*, so werden dieselben durch Erkaltung condensirt und geben ihre Verdampfungswärme an das kalte Wasser ab. Dieses letzte wird dadurch vom Gefrierpunkte bis zum Siedepunkte erwärmt, selbst wenn sein Gewicht das Fünffache von dem der eingeleiteten Dämpfe ausmacht; und dennoch geht bei diesem Versuche nicht alle frei gewordene Verdampfungswärme an das Vorschlagwasser über, sondern ein Theil davon wird zur Erwärmung des Gefäßes verwendet und ein anderer entweicht nach außen. Stellt man den Versuch so an, daß diese Verluste möglichst vermieden und, so weit sie unvermeidlich sind, wenigstens in Rechnung gebracht werden, so erhält man folgendes Resultat: die Wärmemenge, welche beim Uebergange von 1 Gewichtstheile Wasserdampf von 100° C. in Wasser von 100° C. frei wird, reicht hin, um 540 Gewichtstheile Wasser in ihrer Temperatur um 1° C. zu erhöhen, oder überhaupt, um eine Temperaturerhöhung von so viel Celsius'schen Graden zu erzeugen, daß die Zahl der Grade, mit der Zahl der Gewichtstheile Wasser multiplicirt, als Product 540 giebt. Die Zahl 540 gilt daher schlechthin als das Maaß der Verdampfungswärme des Wassers oder der latenten Wärme der beim Sieden gebildeten Wasserdämpfe. Dieses Maaß ist nicht für alle Flüssigkeiten dasselbe, für Alkohol beträgt es 211, für Aether 90, für Terpenthinöl 77,8, für Citronenöl 79,8 und für Steinöl 76,3.

Fig. 85.



Mit der Temperatur ändert sich die Verdampfungswärme aber in einem umgekehrten Verhältnisse, so daß die Gesammtwärme der Dämpfe, d. h. die Summe ihrer Temperatur, der sogenannten sensibeln Wärme und ihrer latenten Wärme nicht sehr beträchtlich verändert wird. Die Gesammtwärme des Wasserdampfs für Temperaturen unter oder über 100° z. B. ist gleich der Gesammtwärme für 100° weniger oder mehr dem 0,305 fachen der Differenz zwischen diesen Temperaturen und zwischen 100°. Früher nahm man besonders für technische Zwecke an, der Wärmeaufwand für die Erzeugung eines Pfundes Wasserdampf sei immer derselbe, möge die Temperatur des erzeugten Dampfes eine hohe oder niedrige sein. Diese Annahme bietet jedoch nur eine Annäherung an die Wahrheit.

Digitized by Google

Wenn sich Dämpfe bilden, so entziehen sie die Wärme, welche bei ihrer Entstehung gebunden werden muß, den nächsten Umgebungen; darauf beruht die mit der Verdampfung verbundene Abkühlung, die sich schon in der erfrischenden Wirkung der Bäder bei warmen Wetter und des ersten Regens nach längerer Dürre offenbart. Um Flüssigkeiten in schwüler Sommerluft kühl zu erhalten, umwickelt man bei uns die Gefäße mit nassen Tüchern, in Spanien und anderen heißen Ländern bringt man sie in Gefäße aus halb gebranntem und deshalb etwas porösem Thon, in die sogenannten Alcarazzas. In beiden Fällen ist es die Verdampfung von der Oberfläche, welche die Abkühlung erzeugt: die Alcarazzas bieten aber überdies noch den Vortheil, daß ihre Oberfläche wegen der porösen Beschaffenheit des Thones durch die Füllung selbst stets feucht erhalten wird. Je leichter eine Flüssigkeit siedet, desto mehr kühlt sie die Flächen ab, welche damit benetzt sind. Dies zeigt der Aether und noch weit intensiver die flüssige schweflige Säure, deren Siedepunkt — 8° R. oder — 10° C. ist. Die Abkühlung im letzten Falle, ist so groß, daß Wasser, über welches man schweflige Säure gießt, auch bei gewöhnlicher Temperatur schnell gefriert.

§. 69. **Spannkraft und Dichte der Dämpfe.** Dämpfe sind elastische Flüssigkeiten; sie befinden sich aber in einem Zustande der Spannung, der ihrem Condensationspunkte sehr nahe liegt, und zeigen deshalb die Eigenschaften der Gase nur unter gewissen Beschränkungen. Durch Verminderung des Druckes und durch Erhöhung der Temperatur werden sie ausgedehnt, wie andere Gase (§. 41 und §. 63). Sie folgen aber dem allgemeinen Gesetze der Zusammenziehung bei zunehmendem Drucke und abnehmender Temperatur nur bis zu einer leicht erreichbaren Grenze; sie werden leicht condensirt. Einer jeden Temperatur und einem jeden Drucke entspricht eine größte Dichte, auf welche ein Dampf herabgebracht werden kann, ohne sich zu condensiren. Für jede Temperatur hat die Spannkraft oder Tension der Dämpfe eine Grenze, welche dann schlechthin die Spannkraft des Dampfes für die bestimmte Temperatur genannt wird, wie bereits früher (§. 42) angegeben; ebenso giebt es für jeden Druck eine niedrigste Temperatur, die ohne Condensation nicht überschritten werden kann.

Die Spannkräfte der Dämpfe bei gewöhnlicher Temperatur können auf eine sehr einfache Weise bestimmt werden. *b*, *b'* und *b''*, Fig. 86, sind drei Barometerröhren, welche im gemeinschaftlichen Quecksilbergefäße *v v'* stehen. Das Rohr *b* ist vor dem Umkehren nur mit Quecksilber gefüllt gewesen;

Digitized by Google

Fig. 86.

die Höhe der Queckſilberſäule in ihm entſpricht alſo dem Luftdrucke und der Raum über dem Queckſilber iſt leer. Das Rohr *b'* iſt nicht blos mit Queckſilber gefüllt, ſondern enthält auch ein paar Tropfen Waſſer, das Rohr *b''* ein paar Tropfen Aether; kehrt man die Röhren um, ohne Luft hineinzulaſſen, ſo ſteigt Waſſer und Aether oben auf an das zugeſchmolzene Ende; öffnet man dann unter dem Queckſilber des Gefäßes, ſo ſinken die Flüſſigkeitsſäulen in beiden Röhren tiefer, als in der Röhre *b*, am tiefſten in *b''*, welches über dem Queckſilber Aether enthält. Der Raum über der Flüſſigkeit in der Röhre *b'* füllt ſich bis zur Sättigung mit Waſſerdampf, in der Röhre *b''* mit Aetherdampf. Queckſilber iſt nun dichter, als Waſſer und Aether; eine Waſſer- oder Aetherſäule muß alſo länger ſein, als eine Queckſilberſäule, um den gleichen Bodendruck auszuüben. In den Röhren *b'* und *b''* müßte deshalb das Niveau des Waſſers und Aethers höher ſtehen, als in der Röhre *b* das Niveau des Queckſilbers, wenn die Flüſſigkeitsſäulen für ſich einen gleichen Druck geben ſollten. Der Verſuch zeigt aber das Gegentheil, ſo daß es der Druck der Flüſſigkeitsſäulen in den Röhren *b'* und *b''* keinesfalls allein ſein kann, der dem Luftdrucke das Gleichgewicht hält. In beiden Röhren befindet ſich über der Flüſſigkeit Dampf, und deſſen Spannkraft kommt zum Gewichte der Flüſſigkeitsſäule hinzu, um dem Luftdrucke das Gleichgewicht zu halten. Wie viel dieſe Spannkraft beträgt, erfährt man ſehr einfach aus der Differenz zwiſchen dem Drucke der Queckſilberſäule in der Röhre *b'* oder *b''*, und in der Röhre *b*.

Fig. 87.

Soll derſelbe Apparat zur Meſſung der Spannkräfte bei höheren Temperaturen dienen, ſo umgiebt man ihn, wie in Fig. 87, mit einer Flüſſigkeit, deren Temperatur durch eine geeignete Heizung conſtant erhalten und durch feine Thermometer beſtimmt wird; für Temperaturen unter dem Siedepunkte kann der Apparat in Waſſer, für höhere in Oel getaucht werden.

Um endlich die Spannkräfte für ſehr niedrige Temperaturen zu erhalten, biegt man das Ende der Röhre, welches über dem Queckſilber die verdampfende Flüſſigkeit enthält, um und taucht es in eine Kältemiſchung. Die Dämpfe

Digitized by Google

erreichen dann nur die Spannkraft, welche der Temperatur der Kältemischung entspricht. Da nämlich in einer zusammenhängenden Gasmasse die Spannung an verschiedenen Stellen ohne Störung des Gleichgewichtes nicht verschieden sein kann, so müssen Dämpfe in einem ungleich erwärmten Raume die Spannkraft der kältesten Stelle annehmen.

Dämpfe, welche aus einer Flüssigkeit, deren Oberfläche mit der atmosphärischen Luft in Verbindung gestanden hat, beim Siedepunkte entstanden sind, haben eine Spannkraft, welche dem Luftdrucke gleich ist. Das Sieden stellt sich überhaupt in einer Flüssigkeit ein, wenn die entwickelten Dämpfe eine Spannkraft erreicht haben, welche dem auf der Oberfläche der Flüssigkeit lastenden Drucke gleich ist. Im luftverdünnten Raume unter dem Recipienten der Luftpumpe fängt Wasser und die meisten Flüssigkeiten schon bei gewöhnlicher Temperatur an zu sieden. An sehr hoch gelegenen Orten siedet Alles leichter, als am Meeresufer; denn die ersten Orte sind einem geringeren Luftdrucke ausgesetzt. Ueber den gewöhnlichen Siedepunkt hinaus, überhaupt ohne zu sieden, kann eine Flüssigkeit nur in verschlossenen Gefäßen erhitzt werden, in denen sich die Dämpfe über der Flüssigkeit ansammeln und einen mit der Temperatur steigenden Druck auf die Flüssigkeit ausüben.

Am genauesten hat man die Verdampfungsverhältnisse des Wassers untersucht, weil die Kenntniß derselben für die Beantwortung sehr vieler und sehr wichtiger Fragen unbedingt nothwendig ist.

Die größte Dichte, welche dem Wasserdampfe gegeben werden kann, ist 0,622, d. h. etwa $^5/_8$, wenn man die Dichte der Luft unter denselben Verhältnissen, nämlich bei derselben Temperatur und unter demselben Drucke, zur Einheit annimmt.

Die zuverlässigsten Angaben über die Spannkräfte der Wasserdämpfe sind in den folgenden zwei Tabellen enthalten. Die erste Tabelle reicht bis zum Siedepunkt; sie giebt die Höhen der Quecksilbersäulen an, welche den Spannkräften das Gleichgewicht halten, und zwar in Pariser Linien, d. h. in demselben Maße, in welchem man den Barometerstand ausdrückt (vergl. §. 26), weil sie mit diesen häufig in Verbindung gebracht werden. In der zweiten Tabelle, welche mit dem Siedepunkte anfängt, sind die Spannkräfte nach Vielfachen des atmosphärischen Drucks gemessen (vergl. §. 51).

Digitized by Google

Tabelle über die Spannkräfte der Wasserdämpfe zwischen — 20° C. und 100° C., ausgedrückt durch den Druck einer Quecksilbersäule, deren Höhe in Pariser Linien angegeben ist.

Temperatur nach C.	Spannkraft	Temperatur nach C.	Spannkraft
— 20	0,41	45	31,66
— 15	0,62	50	40,77
— 10	0,93	55	52,03
— 5	1,38	60	65,86
0	2,01	65	82,72
5	2,87	70	103,11
10	4,04	75	127,62
15	5,61	80	156,89
20	7,71	85	191,63
25	10,45	90	232,63
30	14,01	95	280,74
35	18,57	100	336,00
40	24,37		

Tabelle über die Spannkräfte der Wasserdämpfe zwischen 100° C. und 224° C., ausgedrückt in Atmosphären.

Temperatur	Spannkraft	Temperatur	Spannkraft
100°	1	172,1	8
112,2	1,5	177,1	9
121,4	2	181,6	10
128,8	2,5	186,0	11
135,1	3	190,0	12
140,6	3,5	193,7	13
145,4	4	197,2	14
149,1	4,5	200,5	15
153,1	5	214,7	20
160,2	6	224,2	24
166,5	7		

Digitized by Google

3. Wärmecapacität und specifische Wärme.

§. 70. Werden hölzerne und metallene Geräthschaften gleichzeitig den Sonnenstrahlen ausgesetzt, so werden die ersten auch im Sommer nur mäßig warm, während sich die letzteren oft so sehr erhitzen, daß man sie nicht gut anfassen kann. Schon daraus kann man schließen, daß Holz und Metall, überhaupt verschiedenartige Stoffe, durch dieselbe Menge Wärme in ihrer Temperatur nicht um gleich viel erhöht werden. Die Richtigkeit dieses Schlusses bestätigt sich durch folgenden leicht anzustellenden Versuch. Rührt man ein Pfund Eisenfeilspäne von 36° C. in ein Pfund Wasser von 0° ein, so ist die Temperatur, welche Wasser und Eisen nach völliger Ausgleichung ihrer Temperaturdifferenz gemeinschaftlich angenommen haben, nur 4° C. Nimmt man nun auf diejenige Wärmemenge keine Rücksicht, welche während der Temperaturausgleichung an die Umgebungen mitgetheilt worden ist, und diese fällt in der That nur gering aus, wenn man den Versuch in einem Raume vornimmt, dessen Temperatur von 4° C. wenig verschieden ist; so hat das Eisen an seiner Temperatur $36 - 4 = 32°$ C. verloren, das Wasser 4° C. gewonnen. Dieselbe Wärme, welche einem Pfunde Eisen genommen, dessen Temperatur um 32° C. erniedrigt, erhöht, an ein Pfund Wasser übergetragen, die Temperatur desselben nur um 4° C.; sollen also gleiche Gewichte Wasser und Eisen um gleich viel erwärmt werden, so muß dem Wasser achtmal mehr Wärme zugeführt werden, als dem Eisen, oder auch das Wasser enthält bei gleichem Gewichte und gleicher Temperatur achtmal mehr Wärme in sich, als das Eisen. Man nennt nun die Wärme, welche ein Stoff von der Masse oder dem Gewichte gleich 1 braucht, um eine Temperaturerhöhung von 1° C. anzunehmen, *die specifische Wärme* des Stoffes, und das Vermögen, diese Wärme in sich aufzunehmen, seine *Wärmecapacität*. Die specifische Wärme und die Wärmecapacität des Wassers sind demnach ungefähr achtmal so groß, als die des Eisens. Man ist übereingekommen, die specifische Wärme und die Wärmecapacität des Wassers gleich 1 zu setzen; beide Größen sind daher nicht sowohl dem Zahlenausdrucke, als der Bedeutung nach von einander verschieden.

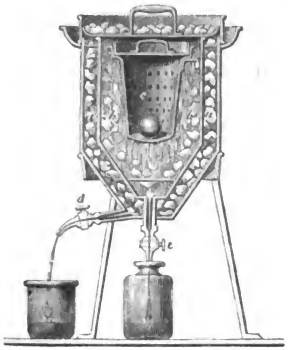
Die Bestimmung der specifischen Wärme starrer und tropfbar flüssiger Körper kann nach der Methode der Mischung, von der eben ein Beispiel gegeben war, geschehen, allein um richtige Resultate zu erhalten, muß man den während der Temperaturausgleichung an die Umgebung über-

Digitized by Google

gehenden Wärmeverlust genau in Rechnung bringen und danach das Resultat berichtigen. Diese Berichtigung ist nun allerdings in großer Schärfe möglich, es bieten sich aber auch noch mancherlei andere und bequemere Methoden zur Ermittelung der specifischen Wärme dar. Wir wollen noch die Beschreibung des Calorimeters geben und uns übrigens mit den Resultaten begnügen.

Das Calorimeter Fig. 88 besteht aus drei in einander gesteckten Blechgefäßen; der Deckel und der Zwischenraum *a* zwischen dem äußersten und mittleren Gefäße sind mit Eis von 0° gefüllt, so daß alle von außen eintretende Wärme zur Schmelzung dieses Eises verwendet und dadurch der innere Raum auf einer Temperatur von 0° erhalten wird, indem zu dem Eis von 0°, welches sich im Zwischenraume *b* zwischen dem mittleren und innersten Gefäße befindet, keine Wärme von außen zudringen kann. Bringt man nun einen warmen Körper in das mittlere Gefäß *c*, so erkaltet er auf 0°, und was er dabei an Wärme verliert, geht an das Eis im mittleren Raume über und verwandelt es in Wasser von 0°, welches durch den Hahn *e* abgelassen werden kann. War nun das Gewicht und die Temperatur des in das mittlere Gefäß eingelegten Körpers genau bestimmt, so erfährt man zunächst, wie viel Eis durch die Wärme geschmolzen wird, die in der Gewichtseinheit des eingelegten Körpers eine bestimmte Temperaturerhöhung erzeugt. Und da man überdies die Schmelzungswärme des Eises genau kennt, da man weiß, daß sie das 79fache von der specifischen Wärme des Wassers ist (vergl. S. 109), so läßt sich die specifische Wärme des eingelegten Körpers leicht berechnen.

Fig. 88.



Bringt man z. B. eine eiserne, 10 Pfund schwere Kugel mit einer Temperatur von 100° C. in das Calorimeter, und findet man, daß 1,46 Pfd. Eis zu Wasser geschmolzen worden sind, nachdem die Kugel auf 0° abgekühlt ist, so hat 1 Pfund Eisen die Wärme geliefert zur Schmelzung von 0,146 Pfd. Eis. Die Temperatur des Eisens ist aber um 100° C. vermindert worden, folglich würde durch die Wärme, die 1 Pfund Eisen bei einer Temperaturerniedrigung um 1° C. verliert, eine Eismasse von nur 0,00146 Pfunden geschmolzen werden, oder 79mal so viel Wasser, nämlich 0,11 Pfund eine Temperaturerhöhung um 1° C. erhalten. Eisen braucht also nur 0,11 von der Wärme,

Digitized by Google

die ein gleiches Gewicht Waſſer braucht, um in ſeiner Temperatur um gleichviel zuzunehmen. Die ſpecifiſche Wärme des Eiſens iſt 0,11.

Es iſt nicht gleichgültig, von welcher Temperatur man bei der Beſtimmung der ſpecifiſchen Wärme ſtarrer und tropfbar flüſſiger Körper ausgeht, vielmehr ſteigt die ſpecifiſche Wärme im Allgemeinen mit der Temperatur. Um einen Körper von 0^0 auf 1^0 zu bringen, braucht man etwas weniger Wärme, als um ihn von 100^0 auf 101^0 zu bringen. Dies zeigt das Platin in folgender Weiſe.

Tabelle über das Steigen der Wärmecapacität des Platins mit der Temperatur.

Temperatur nach C.	Wärmecapacität
100°	0,0335
200	0,0339
300	0,0343
400	0,0348
500	0,0352
600	0,0356
700	0,0360
800	0,0364
900	0,0369
1000	0,0371
1100	0,0377
1200	0,0381

Die Unterſchiede ſind freilich ſehr gering, aber doch ganz deutlich, und die Thatſache iſt deshalb wichtig, weil ſie mit einer anderen ſchon früher §. 60 erwähnten zuſammenhängt, und durch dieſen Zuſammenhang ein klares Einſehen in die Wärmewirkungen geſtattet. Bei Erwärmung eines Körpers findet zugleich eine Temperaturerhöhung und eine Volumsvergrößerung Statt. Ein Theil der zugeführten Wärme wird unverändert aufgenommen und lediglich zur Temperaturerhöhung verwendet; ein anderer Theil zeigt ſich in der Volumsvergrößerung wirkſam, und wird dabei in ähnlicher Weiſe gebunden oder latent, wie die Schmelzungs- und Verdampfungswärme beim Schmelzen und Verdampfen. Der erſte Theil beträgt gleich viel bei einer Temperaturerhöhung um gleich viel Grade, mag die Anfangstemperatur 0^0 oder 100^0 ſein; der zweite Theil nimmt mit der ſtattfindenden Ausdehnung ab und zu, er beträgt, wie die Ausdehnung für dieſelbe Temperaturzunahme, um ſo mehr, je höher die Anfangstemperatur war. Die

Digitized by Google

specifische Wärme, in welcher beide Theile mit einander vereinigt sind, muß danach bei starren und tropfbar flüssigen Körpern mit der Temperatur steigen.

Damit stimmt auch das Verhalten der Gase überein; wie ihr Ausdehnungscoefficient bei hoher und niederer Temperatur derselbe ist, so auch ihre specifische Wärme. Die specifische Wärme der Gase kann aber angegeben werden entweder so, daß man dieselben bei gleichbleibendem Drucke und dann natürlich veränderlichem Volumen beobachtet, oder so, daß man sie durch Veränderung des Druckes bei verschiedenen Temperaturen auf demselben Volumen erhält. Im ersten Falle erhält man für die specifische Wärme einen größeren Ausdruck, als im zweiten; denn im ersten Falle erhöht ein Theil der zugeführten Wärme nicht die Temperatur, sondern vergrößert das Volumen; dagegen im zweiten Falle zeigt sich die Wirkung der zugeführten Wärme nur in der Temperaturerhöhung. Die specifische Wärme eines Gases bei gleichbleibendem Drucke verhält sich zur specifischen Wärme desselben Gases bei gleichbleibendem Volumen, wie 1,41 : 1. Man sieht daraus, daß bei Erwärmung der Gase unter gleichbleibendem Drucke mehr als $\frac{1}{3}$, nämlich 0,41, der zugeführten Wärme durch die Ausdehnung latent wird.

Wie die Schmelzungs- und Verdampfungswärme beim Gefrieren und bei der Condensation wieder frei wird, so entwickelt sich auch die Wärme, die durch die Ausdehnung latent wurde, während der Zusammenpressung wieder als freie Wärme. Man beobachtet dieselbe stets, wenn die Zusammendrückung rasch vor sich geht und wenn der zusammengedrückte Körper seine Wärme nicht zu leicht an die Umgebungen abgeben kann. Die Metalle erhitzen sich unter dem Hammer, dem Drehstahl und der Feile, überhaupt bei allen mechanischen Operationen, bei welchen sie einen Druck erleiden. Harter Stahl schlägt an Steinen von der Härte des Quarzes Funken, indem die losgerissenen Spähne durch den Druck gegen den Stein bis zum Glühen erhitzt werden. Holz, an Holz stark gerieben, erwärmt sich bis zur Entzündung. Tropfbare Flüssigkeiten können bei ihrer geringen Zusammendrückbarkeit und sehr großen Ausdehnbarkeit durch die Wärme durch Druck keine merkliche Temperaturerhöhung erhalten. Wohl aber entwickelt sich Wärme, wenn bei der Lösung zweier tropfbaren Flüssigkeiten in einander eine Zusammenziehung stattfindet. Gase hingegen können leicht bis zum Glühen erhitzt werden. Treibt man einen gut schließenden Stempel in eine glatt ausgebohrte unten geschlossene Röhre durch einen kräftigen Schlag schnell ein und verdichtet dadurch die Luft in der Röhre auf etwa das Achtfache, so ist sie heiß genug, um ein Stück Feuerschwamm, welches am Stempel angehakt ist, zu entzünden. Bei der Absorption von Gasen steigt in Folge der Verdichtung die Temperatur

Digitized by Google

trotz der Langſamkeit der Abſorption oft ſehr hoch. Die Kohle, welche zur Pulverfabrication im friſch geglühten Zuſtande zu einem unfühlbaren Pulver zermalmt wird, ſo daß ſie das Ausſehen einer öligen Flüſſigkeit bekommt, entzündet ſich ſehr leicht, wenn man ſie der Luft ausſetzt, und veranlaßt die häufigen Unfälle in Pulverfabriken. Sättigt man Waſſer mit Chlorwaſſerſtoffſäuregas, ſo erhitzt es ſich leicht bis 100° C.

In der folgenden Tabelle ſind die Werthe der ſpecifiſchen Wärme für die wichtigſten Stoffe angegeben, bezogen auf die ſpecifiſche Wärme des Waſſers als Einheit. Da es aber für manche wichtige Fragen, wie für die Erwärmung ungleichartigen Bodens unter gleichen Bedingungen der Wärmebeſtrahlung darauf ankommt, zu wiſſen, nicht wieviel Wärme gleiche Gewichte bedürfen, um eine gleiche Temperaturerhöhung zu erhalten, ſondern gleiche Volumina, ſo ſind auch dafür die Zahlen angegeben. Die Zahlen für die ſpecifiſche Wärme der Gaſe beziehen ſich auf einen gleichbleibenden Druck.

Tabelle über die ſpecifiſche Wärme verſchiedener Stoffe, bezogen auf die Einheit der ſpecifiſchen Wärme des Waſſers.

	Specifiſche Wärme			Specifiſche Wärme	
	b. gl. Gew.	b. gl. Vol.		b. gl. Gew.	b. gl. Vol.
Blei	0,0293	0,3326	Spatheiſenſtein .	0,1825	0,7066
Zinn	0,0514	0,3748	Gyps	0,2728	0,6302
Schwefel . . .	0,1880	0,3822	Schwerſpath . .	0,1088	0,4819
Queckſilber . . .	0,0290	0,3937	Adular	0,1861	0,4760
Gold	0,0298	0,5739	Albit	0,1961	0,5124
Silber	0,0557	0,5834	Labrador . . .	0,1926	0,5296
Platin	0,0314	0,6549	Tremolit . . .	0,2070	0,6405
Zink	0,0927	0,6360	Strahlſtein. . .	0,2046	0,6547
Kupfer	0,0949	0,8350	Baſaltiſcher Augit	0,1938	0,6589
Eiſen	0,1100	0,8567	Bergkryſtall . .	0,1894	0,5025
Kalkerde	0,2170	0,6681	Atmoſphäriſche Luft	0,2669	
Talkerde	0,1692	0,8832	Sauerſtoffgas . .	0,2361	
Magneteiſenſtein .	0,1641	0 8359	Waſſerſtoffgas . .	3,2936	
Eiſenglanz . . .	0,1692	0,8885	Stickſtoffgas . .	0,2754	
Kalkſpath . . .	0,2046	0,5555	Kohlenoxydgas .	0,2884	
Aragonit . . .	0,2018	0,5915	Stickſtoffoxydulgas	0,2369	
Bitterkalk . . .	0,2179	0,6350	Kohlenſäuregas .	0,2210	
Magneſit . . .	0,2270	0,6894	Oelbildendes Gas	0,4207	

Digitized by Google

4. Verbreitung der Wärme.

§. 71. Die Temperatur eines Körpers ist von der Temperatur seiner Umgebung abhängig; ein wärmerer Körper erkaltet in kälterer Umgebung, und umgekehrt erwärmt sich ein kälterer Körper in einem wärmeren Raume. Im ersten Falle giebt der Körper Wärme an seine Umgebung ab, im anderen empfängt er sie von ihr; in beiden Fällen findet der Wärmeaustausch so lange Statt, bis der Körper mit seiner Umgebung auf dieselbe Temperatur gekommen ist. Die Temperaturabnahme eines erkaltenden, so wie die Temperaturzunahme eines sich erwärmenden Körpers, erfolgt nicht mit gleichförmiger Geschwindigkeit, vielmehr sind die Temperaturveränderungen in einem etwas größeren Verhältnisse rascher, als in welchem der Unterschied der Temperatur des Körpers und seiner Umgebungen beträchtlicher ist. Die Wärmemenge, welche ein Körper durch Austausch von seiner Umgebung gewinnt, oder an sie verliert, nimmt ab und zu mit dem Unterschiede zwischen seiner Temperatur und derjenigen der Umgebung. Der Wärmeaustausch wird auf zwei verschiedene Weisen vermittelt. Am einfachsten und schnellsten geht er vor sich zwischen Körpern, die sich berühren, durch unmittelbare Ueberführung und Mittheilung, durch sogenannte *Leitung*. Allein daß die Leitung nicht die einzige Art des Wärmeaustausches ist, zeigen sehr einfache Erfahrungen. Wenn man z. B. bei recht kalter Witterung einem freien Feuer gegenüber steht, so kann die Wärmeempfindung auf der dem Feuer zugekehrten Körperseite unerträglich werden, und zugleich friert man auf der entgegengesetzten Seite. Die Luft kann es also nicht sein, welche, vom Feuer erwärmt, dem Körper Wärme mittheilt; diese Luft zwischen dem Körper und dem Feuer kann in der That so kalt sein, daß man den Hauch in ihr als starken Nebel sieht, obgleich Einem die Hitze brennend entgegenschlägt, auch ändert ein Seitenwind, der die Luft vom Feuer abwärts führt, nichts an der Erscheinung. Die auf diese Weise zugeführte Wärme rührt vielmehr vom Feuer her und ist durch die Luft, ohne von ihr aufgenommen worden zu sein und ohne sie durchwärmt zu haben, hindurchgegangen. Die Luft verhält sich hier gegen die Wärme, wie durchsichtige Körper gegen das Licht. Wie man die Verbreitung des Lichtes eine Strahlung nennt, so redet man auch von einer *Wärmestrahlung*, in der sich eine besondere Art des Wärmeaustausches darbietet.

Digitized by Google

§. 72. **Wärmeleitung.** Hinsichtlich der Wärmeleitung finden bedeutende Unterschiede für verschiedene Körper Statt. Nimmt man zwei gleiche Stäbe, den einen von Eisen, den anderen von Holz, und hält ihre Enden gleich lang in dasselbe Feuer, so fängt das Holz an zu verbrennen, das Eisen zu glühen, beide Stäbe haben an ihren Enden gleiche Temperaturen, und dennoch kann man das Holz in einer Entfernung vom erhitzten Ende noch recht gut mit der Hand anfassen, wo man sich am Eisen stark verbrennen würde. Die Temperaturmittheilung von einer Stelle zur anderen findet im Eisen weit vollkommener Statt, als im Holze. Das Eisen nennt man deshalb einen guten, das Holz einen schlechten Wärmeleiter. Zu den guten Wärmeleitern gehören, wie das Eisen, so überhaupt die Metalle; zu den schlechten Wärmeleitern gehören die meisten Mineralien (die Steine) und fast alle starren organischen Körper; die schlechtesten Wärmeleiter sind jedoch die Gase. In der folgenden Tabelle ist das Wärmeleitungsvermögen einiger Stoffe verglichen mit demjenigen des Goldes, als des besten Wärmeleiters.

Tabelle über das Wärmeleitungsvermögen starrer Körper.

Gold	1000
Platin	981
Silber	973
Kupfer	898
Eisen	374
Zink	363
Zinn	304
Blei	180
Marmor	24
Porzellan	12
Gebrannter Thon .	11.

Obgleich diese Zahlen blos als Annäherungen an die Wahrheit anzusehen sind, so geben sie doch das Schlechter- oder Besser-Leiten im Allgemeinen richtig an. Aus ihnen erklärt sich der Nutzen hölzerner Stiele und Griffe an solchen Metallgeräthen, die im Feuer gebraucht werden; ferner die Annehmlichkeit porzellanener oder irdener Trinkgeschirre für heiße Flüssigkeiten, da deren Henkel zum Anfassen kalt genug bleiben.

§. 73. **Gesetze der Strahlung überhaupt. — Lichtstrahlung und Absorption.** Eine klare Vorstellung von den Verhältnissen der Wärme-

Digitized by Google

ſtrahlung kann man nur dann gewinnen, wenn man von der Lichtſtrahlung ausgeht, deren Beobachtung ſich dem Auge unmittelbar darbietet und zu leicht faßlichen Geſetzen führt.

Eine Flamme oder eine Lichtquelle überhaupt verbreitet ihr Licht nach allen Seiten. Einige Stoffe, wie namentlich die atmoſphäriſche Luft, hindern dieſe Lichtverbreitung nicht merklich, andere, wie mattes oder buntes Glas, ſchwächen ſie, noch andere, wie Metallſchirme, heben ſie ganz auf. Danach unterſcheidet man durchſichtige, halbdurchſichtige und undurchſichtige Stoffe.

Die Beleuchtung, welche das Licht auf einer undurchſichtigen Fläche erzeugt, nimmt ab, wenn die Entfernung der Fläche von der Lichtquelle vergrößert wird, bei verdoppelter oder verdreifachter Entfernung iſt ſie nur ein Viertel oder Neuntel von derjenigen in einfacher Entfernung; die Stärke der Beleuchtung nimmt alſo ab, wie die Entfernung von der Lichtquelle, mit ſich ſelbſt multiplicirt, zunimmt.

Der Weg, auf welchem das Licht bei ſeiner Verbreitung von einer Lichtquelle an irgend einen Ort hingelangt, heißt ein Lichtſtrahl.

Die Lichtſtrahlen ſind geradlinig, ſo lange ſich das Licht durch einen und denſelben durchſichtigen Körper verbreitet. Sei die Lichtquelle in Fig. 89 der Einfachheit wegen durch einen Punkt

Fig. 89.

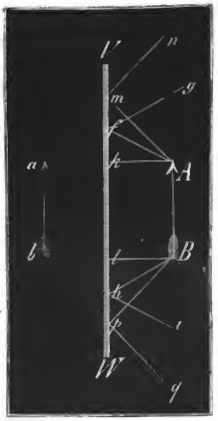
s vorgeſtellt. Die Strahlen, die von *s* ausgehen, mögen durch Luft gehen, treffen aber bei ihrer weiteren Verbreitung auf einen undurchſichtigen Schirm und werden dadurch zurückgehalten, ſo daß dahinter ein Schatten entſteht, deſſen Grenzen durch die geraden Linien beſtimmt ſind, welche, von *s* aus gezogen, die Kanten des Schirmes berühren. Es bedarf aber kaum eines ſolchen Beweiſes für die geradlinige Verbreitung des Lichtes. Undurchſichtige Gegenſtände ſetzt Jedermann in eine gerade Linie, wenn ſie ſich eben decken. Die Richtigkeit faſt aller Richt- und Viſirmethoden beruht auf der Annahme, daß die Lichtſtrahlen geradlinig ſind.

Treffen Lichtſtrahlen auf eine glatte Fläche, z. B. von Metall oder Glas, ſo werden ſie geſpiegelt oder reflectirt. Die Strahlen, die von einem Gegenſtande vor dem Spiegel ausgehen, werden ſo zurückgeworfen, als ob ſie von einem Gegenſtande hinter dem Spiegel herkämen. Das Spiegelbild eines Gegenſtandes erſcheint ebenſo weit hinter dem Spiegel, als der Gegenſtand ſich wirklich vor dem Spiegel befindet. Sei *VW*, Fig. 90, ein ebener Spiegel, und der Pfeil *AB* ein Gegenſtand vor ihm. Das

Digitized by Google

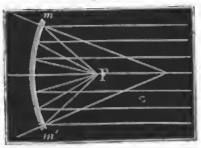
Bild des Pfeiles ist dann für den Beobachter vor dem Spiegel nach $a\,b$ versetzt. Dies kann nur unter folgenden zwei Bedingungen geschehen: erstens, wenn die Strahlen, die, von irgend einem Punkte des Pfeiles, z. B. von A. ausgehend, in f und m den Spiegel treffen, unter demselben Winkel zurückgeworfen werden, unter dem sie auffallen, d. h. wenn $\angle AmW = \angle Vmn$ und $\angle AfW = \angle Vfg$; und zweitens, wenn der einfallende und der zurückgeworfene Strahl Af und fg, Am und mn in einer Ebene liegen, die zugleich senkrecht auf der Spiegelfläche steht.

Fig. 90.



Zufolge dieser Gesetze wird das Licht, welches von einem weit entfernten Punkte, also so, daß die einzelnen Lichtstrahlen als unter einander parallel angesehen werden dürfen, auf einen kugelförmigen Hohlspiegel mm', Fig. 91, trifft, in einem Punkte F vereinigt. Dieser Punkt F liegt in demjenigen Strahle, welcher durch den Mittelpunkt der Kugelkrümmung des Spiegels hindurchgeht und ist halb so weit vom Spiegel entfernt, als der Mittelpunkt. Sendet umgekehrt F Licht gegen den Spiegel, so werden die Strahlen vom Spiegel in der Weise zurückgeworfen, daß sie mit einander gleichlaufen.

Fig. 91.



Matte Flächen werfen das Licht weder nach bestimmten Richtungen und regelmäßig zurück, noch ungeschwächt; sie zerstreuen es nach allen Seiten. Dieses zerstreute Licht ist es, welches die nicht leuchtenden Gegenstände von allen Seiten sichtbar macht.

Die Lichtstrahlen verändern im Allgemeinen ihre Richtung, wenn sie aus einem durchsichtigen Stoffe in einen anderen übergehen. Dies geht schon daraus hervor, daß Gegenstände unter Wasser ein anderes Aussehen haben, als in der Luft. Legt man eine glänzende Münze auf den Boden eines Gefäßes $v\,v'$, Fig. 92, und giebt dem Auge eine solche Stellung, daß die Münze m gerade hinter der Kante b verschwindet, so wird sie wieder bei n sichtbar, wenn man das Gefäß mit Wasser füllt. Die vom Geldstück ausgehenden Lichtstrahlen müssen sich

Digitized by Google

danach bei ihrem Austritte aus Wasser in Luft umbiegen in der Weise, wie sie in der Fig. 92 angedeutet ist, um so in das Auge zu gelangen, als ob sie von *n* ausgegangen wären. Diese Umbiegung der Lichtstrahlen beim Uebergange aus einem durchsichtigen Körper in einen anderen heißt Brechung oder Refraction des Lichtes. Die Gesetze der Brechung sprechen sich einfach aus in den folgenden zwei Regeln:

Fig. 92.

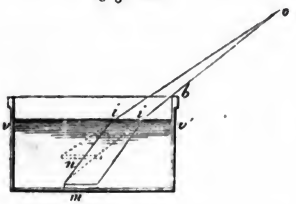


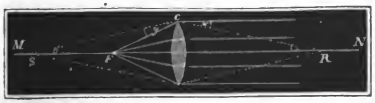
Fig. 93.

1) Der einfallende Strahl *a b*, Fig. 93, und der gebrochene *b f* liegen in einer Ebene, von welcher zugleich die Trennungsfläche der durchsichtigen Körper senkrecht durchschnitten wird.

2) Wenn man durch den Einfallspunkt *b* eine Ebene senkrecht gegen die Trennungsfläche der durchsichtigen Körper legt, von *b* aus als Mittelpunkt einen Kreis in dieser Ebene beschreibt und *d b d'* senkrecht gegen die Trennungsfläche zieht, so nimmt der $\angle f b d'$ ab und zu mit dem $\angle a b d$, so daß die Linien *a d* und *f d'*, welche senkrecht gegen *d b d'* stoßen, immer dasselbe Verhältniß zu einander zeigen. In der Zeichnung ist dieses Verhältniß 4 zu 3, wie es beim Uebergange des Lichtes aus Luft in Wasser stattfindet.

Werden Strahlen, die von einer entfernten Lichtquelle, z. B. der Sonne, herkommen, also unter einander gleichlaufen, durch ein Glas mit erhaben-kugelförmiger Krümmung durch eine Sammellinse, Fig. 94, gebrochen, so vereinigen sie sich alle in einem Punkte *F* hinter der Linse, welcher auf dem durch die Linse mit unveränderter Richtung gehenden Strahle liegt. Dieser Punkt liegt dem Mittelpunkte der Linse um so näher, je kleiner die Krümmungshalbmesser der Flächen (*CF*) und (*RC*) sind.

Fig. 94.



Die Schwächung, welche das Licht bei seinem Durchgange durch verschiedene Stoffe erfährt, wird Absorption genannt. Bei sehr geringer Dicke lassen viele Stoffe noch deutlich Licht hindurch, welche man gewöhn-

Digitized by Google

lich als undurchsichtig ansieht; und bei bedeutender Dicke absorbiren selbst solche Stoffe alles Licht, welche bei geringer Dicke vollkommen durchsichtig sind; so das gemeine Fensterglas von etwa 0‴,6 Dicke, welches bei etwa achtzigfacher Aufeinanderlage alles einfallende Licht absorbirt. Je homogener ein Körper ist, desto weniger Licht absorbirt er. Die Pulver der durchsichtigsten Stoffe, wie Diamant und Glas, erscheinen undurchsichtig, weil sich hier zwischen die einzelnen Theile ein fremder Stoff, die Luft, eindrängt, und jedesmal beim Uebergange des Lichtes aus Luft in Diamant und Glas ein Theil des Lichtes durch Spiegelung zurückgestrahlt wird. Die Luft ist völlig durchsichtig, der Wasserdampf und das Wasser ebenfalls; befindet sich Wasser nur dampfförmig in der Atmosphäre, so zeigt die Luft den höchsten Grad von Durchsichtigkeit, so daß ferne Gegenstände am schärfsten begrenzt und am intensivsten gefärbt erscheinen. Die Lösung von Wasserdampf in atmosphärischer Luft absorbirt sogar weniger Licht, als die atmosphärische Luft für sich. Wird hingegen ein Theil des Wasserdampfgehaltes der Atmosphäre durch Temperaturerniedrigung condensirt, so scheiden sich aus der gleichförmigen Luft kleine Wasserbläschen und erhalten sich in ihr schwebend. Die Atmosphäre verliert dadurch ihre Gleichartigkeit, wird trübe und läßt ferne Gegenstände nur mit verwischten Umrissen und matt gefärbt erscheinen.

Während in einigen Fällen durch die Absorption nur die Helligkeit des Lichtes gemindert wird, wie bei mattem weißen Glase, weißem Papiere, so wird in anderen und zwar den meisten Fällen auch die Farbe verändert. Fällt weißes Sonnenlicht auf buntes Glas, so wird es reichlich durchgelassen, das durchgelassene Licht ist aber nicht mehr weiß oder vielmehr farblos, sondern gefärbt. Das farbige Licht muß also im weißen enthalten sein, denn das bunte Glas entwickelt selbst kein Licht. In der That ist im Sonnenlichte rothes, gelbes, grünes, blaues und violettes Licht vereinigt und erzeugt in seiner Vereinigung den Eindruck des Weiß. Wird aber irgend ein Theil dieses farbigen Lichtes aus dem Sonnenlichte hinweggenommen, so erscheint der Rest ebenfalls farbig. Nur dann erscheint das durch die Absorption geschwächte Sonnenlicht wieder weiß, wenn alle farbigen Antheile gleichmäßig absorbirt worden sind. Die meisten Stoffe absorbiren einige farbige Theile stärker, als andere, sind sogar für eine Gattung farbigen Lichtes vollkommen durchsichtig, während sie für die andere vollkommen undurchsichtig sind. Diese auswählende Absorption zeigt sich aber nicht blos in der Farbe des durchgelassenen Lichtes, sondern auch in der des zurückgeworfenen, des gespiegelten, wie zerstreuten. Auch die meisten Gegenstände unserer Umgebungen erscheinen farbig und senden doch kein eigenes Licht aus, sondern werden durch weißes Sonnenlicht erleuchtet, welches sie spiegeln oder zerstreuen.

Digitized by Google

Vergleicht man andere Lichtquellen mit der Sonne, so zeigt sich, daß sie sehr verschieden-farbiges Licht haben, gewöhnlich blos einige der farbigen Bestandtheile des Sonnenlichtes. So erhält man fast nur gelbes Licht von einer Weingeistflamme, deren Docht mit Kochsalz eingerieben ist; und Gelb herrscht im Allgemeinen in unseren künstlichen Lichtern vor. Beimischung von salpetersaurem Strontian macht die Weingeistflamme roth, von Borax grün u. s. w.

Wärmestrahlung und Wärmeabsorption. Alle Verhältnisse der Strahlung, die im vorigen §. in Bezug auf das Licht besprochen worden sind, lassen sich auch auf die Wärme anwenden. §. 74.

Wie einige Stoffe das Licht durchlassen, andere nicht, so gestatten auch einige Stoffe der Wärme den Durchgang, andere hemmen ihn völlig; wie es demnach für das Licht durchsichtige und undurchsichtige Stoffe giebt, so für die Wärme *durchwärmige* (diathermane) und *undurchwärmige* (adiathermane).

Die Temperaturerhöhung, welche die Strahlen einer Wärmequelle auf einer und derselben undurchwärmigen Oberfläche erzeugen, nimmt ab in dem Verhältnisse, wie die Entfernung, mit sich selbst multiplicirt, zunimmt.

Die Wärmestrahlen bewegen sich, so lange sie in einem und demselben Stoffe bleiben, geradlinig. Ein Schirm aus einem undurchwärmigen Stoffe hält die Wärmestrahlen auf und erzeugt hinter sich einen Wärmeschatten in derselben Ausdehnung, die der Lichtschatten haben würde, wenn man die Wärmequelle durch eine Lichtquelle und den undurchwärmigen Schirm durch einen undurchsichtigen ersetzte.

Die Wärmestrahlen werden nach denselben Gesetzen reflectirt, wie die Lichtstrahlen. Richtet man einen kugelförmig gekrümmten Hohlspiegel, der aus gut polirtem Metall angefertigt ist, gegen die Sonne, so durchkreuzen sich auch die Wärmestrahlen der Sonne in einem Punkte, wie die Lichtstrahlen. Der Durchkreuzungspunkt der Lichtstrahlen und derjenige der Wärmestrahlen fallen zusammen. In ihm zeigt sich daher eben so wohl eine gesteigerte Temperatur, als ein verstärktes Licht; er wird deshalb der *Brennpunkt* des Spiegels, und ein kugelförmig gekrümmter Hohlspiegel selbst ein *Brennspiegel* genannt.

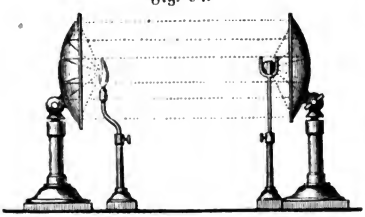
Hat der Brennspiegel eine Oeffnung von mehr, als 1′, so wird die Temperatur des Brennpunktes hoch genug, um leicht entzündliche Stoffe, Feuerschwamm und dergl., durch bloßes Einsetzen in den Brennpunkt anzuzünden. Am großartigsten hat der bekannte Naturforscher *Buffon* derartige Versuche ausgeführt (im Jahre 1747); er stellte 117 ebene Spiegel neben einander und richtete sie so, daß die von ihnen gespiegelten Licht- und Wärmestrahlen der Sonne an *einer* Stelle zur Durchkreuzung kamen. Die Hitze

Digitized by Google

in dieſer Durchkreuzungsſtelle vermochte Holz zu zünden, Zinn, Blei, ja ſogar kleine Stücke Silber zu ſchmelzen. Und dennoch war bei der Entzündung des Holzes die Durchkreuzungsſtelle der Wärme- und Lichtſtrahlen 200′ von den Spiegeln entfernt, und bei der Schmelzung des Silbers noch 60′.

Bringt man in den Brennpunkt eines großen Brennſpiegels, Fig. 94, eine weißglühende Eiſenkugel oder eine lebhaft glühende Kohle und fängt die Wärmeſtrahlen, die unter paralleler Richtung vom Spiegel reflectirt worden ſind, mit einem zweiten Brennſpiegel auf, ſo vereinigen ſie ſich wieder in deſſen Brennpunkte, und erzeugen hier eine Temperatur, hoch genug, um Feuerſchwamm zu entzünden.

Fig. 94.



Die Wärmeſtrahlen werden auch gebrochen, wie die Lichtſtrahlen. Eine Sammellinſe, am beſten aus Steinſalz, vereinigt, wie die Lichtſtrahlen, ſo auch die von der Sonne ausgehenden Wärmeſtrahlen in einem Punkte. Dieſer Punkt wird deshalb der Brennpunkt der Linſe genannt; es wird keine große Sammellinſe erfordert, um einen in ihren Brennpunkt gehaltenen Körper aus leicht ſchmelzbaren oder verbrennbaren Stoff zu ſchmelzen oder zu verbrennen.

Die bis jetzt angeführten Thatſachen ſollen vorzüglich dazu dienen, zu zeigen, daß die Richtung der Wärmeſtrahlen weſentlich unter denſelben Geſetzen ſtehe, wie die der Lichtſtrahlen. Die Aehnlichkeit zwiſchen Licht und ſtrahlender Wärme geht aber noch weiter. Die Wärme bietet bei Spiegelung und Zerſtreuung, Abſorption und Brechung auch die Verhältniſſe, die der Farbigkeit des Lichtes entſprechen, und unſere Kenntniß von dieſen Erſcheinungen iſt inſofern ſehr vollkommen, als wir die Menge der geſpiegelten und zerſtreuten, abſorbirten und durchgelaſſenen, oder gebrochenen Wärme bis auf Procente ſicher angeben können.

Alle Gaſe geſtatten den Wärmeſtrahlen ſehr vollkommen den Durchgang; tropfbare Flüſſigkeiten und ſtarre Körper ſtehen den Gaſen zwar im Allgemeinen nach, bieten aber unter einander ſehr beträchtliche Abweichungen dar. Das klare Steinſalz ſteht den Gaſen am nächſten, es iſt ebenſo durchwärmig wie durchſichtig; Kienruß läßt die Wärmeſtrahlen gar nicht durch, iſt alſo ebenſo undurchwärmig, als undurchſichtig. Das Vermögen, Wärmeſtrahlen durchzulaſſen, ſteht aber keineswegs in einer feſten

Digitized by Google

Beziehung zur Durchsichtigkeit derselben. Steinsalz, Spiegelglas und Wasser sind gleich durchsichtig, und dennoch verhält sich die Menge der durch sie bei gleicher Dicke hindurchgelassenen Wärme wie 92 : 62 : 12. Namentlich bei farbigen Gläsern steht der Grad der Durchsichtigkeit in keinem Verhältnisse zu ihrer Fähigkeit, Wärme durchzulassen. Bei einer Dicke, bei welcher durch weißes Glas 40 % der auffallenden Wärmestrahlen hindurchgehen, gehen 34 % durch dunkelviolettes Glas, 12 % durch indigblaues und endlich 17 % durch schwarzes, völlig undurchsichtiges. Das völlig farblose Wasser und der Alkohol lassen bedeutend weniger Wärme durch, als gelbes Nuß- und Rüböl und grüngelbes Olivenöl.

Die von einem Körper durchgelassene Wärme steht in gleicher Abhängigkeit von der Dicke desselben, wie beim Lichte. Bei einer Dicke von 0‴,46 läßt eine Wasserschicht 19 % von den Wärmestrahlen einer Oelflamme durch; dagegen bei einer Dicke von 5″ 8‴,7 hindert sie den Durchgang der Wärme völlig. Die Absorption nimmt aber bei weitem nicht in dem Verhältnisse zu, wie die Dicke, denn wenn in Glas von einfacher Dicke 38,1 % absorbirt werden, beträgt die Menge der aufgefangenen Wärmestrahlen für die zwei-, drei- und vierfache Dicke nur 46,9 %, 51,5 % und 54,0 %. Die vordersten Schichten absorbiren also einen unverhältnißmäßig größeren Antheil der Strahlen, als die hinteren.

Der Wärmeverlust bei der Durchstrahlung ist aber nicht allein auf die Absorption zu rechnen, sondern theilweise auch auf eine Reflexion und Zerstreuung von der Vorder- und Hinterfläche. Demgemäß ist der Verlust größer beim Durchgange der Wärme durch mehrere getrennte Schichten desselben Stoffes, als durch eine Schicht von der Gesammtdicke. Auch steigt für dieselbe Substanz die durchgelassene Wärmemenge mit der Glätte ihrer Oberfläche.

Die Wärmestrahlen, welche bereits durch eine Substanz hindurchgegangen sind, werden von einer zweiten Substanz in anderer Weise durchgelassen, als die directen Wärmestrahlen. Dies zeigt die folgende Tabelle.

Durch Platten von:	werden durchgelassen von 100 auffallenden Strahlen, welche vorher gegangen sind durch Platten aus: der directen Wärmequelle	Alaun	Gyps	grünem Glas
Alaun	9	90	47	0,5
Gips	14	59	54	9
Glas	54	90	85	87
Steinsalz . . .	92	92	92	92

Digitized by Google

Man sieht hieraus zunächst, daß die Wärme, welche durch eine Substanz schon einmal hindurchgegangen ist, bei weitem befähigter ist, durch dieselbe Substanz abermals hindurchzugehen, als die directe Wärme. Beim ersten Durchgange durch einen Schirm ist ein Theil der Wärmestrahlen beseitigt worden, der aber mit dem übrig gebliebenen Theile nicht gleicher Art ist, denn der letztere enthält nur solche Wärme, welche durch einen Schirm von derselben Substanz, wie der erste, ohne beträchtliche Schwächung gelangen kann. Dagegen, wenn Wärmestrahlen durch verschiedenartige Substanzen hindurchdringen, so werden sie in stärkerem Maße absorbirt, als wenn sie durch gleichartige Substanzen gehen. Die Körper besitzen also eine nicht blos theilweise, sondern auch auswählende Durchdringlichkeit für die Wärme, entsprechend der Farbigkeit in Bezug auf das durchgelassene Licht. Zwei grüne Glastafeln, wie zwei rothe, hinter einander gestellt, lassen noch viel Licht hindurch, eine grüne hingegen und eine rothe Scheibe heben es fast gänzlich auf. Grünes Glas läßt nämlich vorzugsweise den grünen Antheil des weißen Lichtes durch, und für dieses ist das grüne Glas völlig durchsichtig; hingegen das rothe völlig undurchsichtig. Diese Lichterscheinungen stellen sich den eben erwähnten Verhältnissen der strahlenden Wärme als genaue Analoga zur Seite. Wollen wir von einer Wärmefarbe reden, wie von einer Lichtfarbe, so ist das Steinsalz farblos-durchwärmig, Glas und vor Allem Alaun farbig-durchwärmig. Unter den starren und tropfbar-flüssigen Stoffen steht indessen das Steinsalz sehr vereinzelt, und es giebt viel weniger farblos-durchwärmige Stoffe, als farblos-durchsichtige.

Die Farbigkeit der Wärmestrahlen zeigt sich ferner sehr entschieden darin, daß die Wärme verschiedener Quellen von denselben Schirmen in sehr verschiedenem Verhältnisse durchgelassen wird. Im Allgemeinen sind die Wärmestrahlen um so farbiger, je niedriger die Temperatur ihrer Quelle ist, und umgekehrt, indem die Zahl der undurchwärmigen Stoffe mit dem Herabsinken der Temperatur einer Wärmequelle, besonders einer nicht leuchtenden, zunimmt auf Kosten der in höherer Temperatur durchwärmigen.

Endlich bezieht sich die Farbigkeit der Wärmestrahlen auch auf Reflexion und Zerstreuung. Von allen bis jetzt untersuchten Stoffen sind nur die Metalle als weiße Körper gegen die Wärme zu betrachten; d. h. sie reflectiren die Wärme jeder Quelle gleich gut, und die von ihnen reflectirte Wärme verhält sich in Bezug auf Durchstrahlung der nicht reflectirten völlig gleich. Nur Ruß und thierische Kohle verhalten sich wie Schwarz gegen die Wärme, d. h. sie reflectiren keine Art von Wärmestrahlen. Auch hier findet keine durchgreifende Uebereinstimmung zwischen der Wärme- und Lichtfarbe eines Stoffes Statt. Denn weiße Stoffe für das Licht können sich

Digitized by Google

verhalten, wie schwarze für die Wärme; so reflectirt weißer Sammt jede Art von Wärme schlechter, als schwarzer Sammt; schwarze Stoffe für Licht, wie weiße für Wärme, so reflectirt Schwarzblech alle Arten der Wärme ohne Unterschied; ungleichfarbige Stoffe für das Licht, wie gleichfarbige für die Wörme, so reflectiren weißes Papier und schwarzer Lack, weiße und schwarze Seide, helles und dunkles Tuch dieselbe Art der Wärme oder Wärme von gleicher Farbe.

Auf die Fähigkeit metallischer Oberflächen, Wärme zu absorbiren und auszustrahlen, hat der Grad ihrer Politur und Mattigkeit einen beträchtlichen Einfluß. Derselbe gründet sich jedoch wesentlich nicht auf die Glätte und Rauhigkeit der Oberfläche, sondern auf die beim Poliren stattfindende Verdichtung der obersten Metallschicht. Das Glätten durch Schleifen mit Oel und Kohle hat deshalb keinen Einfluß, das Glätten mit dem Polirstahl oder Hammer einen sehr beträchtlichen. Bei Stoffen, wie Marmor und Elfenbein, die beim Poliren nicht zugleich oberflächlich verdichtet werden, übt die Politur keinen Einfluß auf das Absorptions- und Strahlungsvermögen aus. Dieser Einfluß der Dichte hängt damit zusammen, daß weder Absorption, noch Ausstrahlung auf die Oberfläche beschränkt sind, sondern mit Bestimmtheit auch die unter der Oberfläche liegenden Schichten Wärme ausstrahlen, deren Menge natürlich von der Dichte der zu durchstrahlenden oberen Schichten abhängt.

Je intensiver das Absorptionsvermögen eines Stoffes für Wärme ist, desto stärker auch sein Ausstrahlungsvermögen.

Das allgemeine Verhalten der Körper gegen die strahlende Wärme läßt sich in folgenden Punkten zusammenfassen. Beim Durchgange durch irgend einen Körper wird ein größerer oder geringerer Theil der Wärmestrahlen von der Trennungsfläche zurückgeworfen, theils regelmäßig (wird gespiegelt oder reflectirt), theils unregelmäßig (wird zerstreut), der Rest der Wärmestrahlen gelangt über die Trennungsfläche hinaus, und dieser setzt theils seinen Weg mit veränderter Richtung fort (wird gebrochen), theils wird er zurückgehalten (wird absorbirt). Auch die Wärmeleitung beruht auf einer Wärmestrahlung, die im Innern der Körper vor sich geht, von da aus, wo durch Absorption bereits eine Temperaturerhöhung erzeugt ward. Alle guten Leiter sind aber sehr undurchwärmig; eine Strahlung in ihrem Innern wird deshalb durch Absorption sehr bald vernichtet. Die Wärme, die einem guten Leiter zugeführt wird, bleibt zum größten Theile in ihm zurück und erhöht seine Temperatur. Jeder Körper strahlt zu jeder Zeit Wärme aus und erhält wieder Wärmestrahlen von seinen Umgebungen zugeführt; seine Temperatur steigt, wenn die Menge der ausgesendeten Wärme geringer ist, als die der zugeführten, sie sinkt im entgegengesetzten Falle.

Digitized by Google

5. Anwendung der Wärmelehre auf die Technik.

A. Heizapparate.

§. 75. Im Vorhergehenden sind die allgemeinen Verhältnisse der Wärme entwickelt; wir wollen versuchen, danach einige der wichtigsten, auf das Leben angewandten Fälle zu beurtheilen, und zwar zunächst den der Heizung.

Hier kommt es darauf an, durch den chemischen Proceß der Verbrennung Wärme zu erzeugen und die so erzeugte Wärme auf irgend eine Masse überzuführen. Die Erklärung des Verbrennungsprocesses muß dem zweiten Abschnitte vorbehalten bleiben (vergl. §. 124—129); vor der Hand brauchen wir auch nur zu wissen, daß die Brennstoffe mit einem Theile der atmosphärischen Luft sich verbinden zu gasförmigen Producten, die im Augenblicke ihrer Entstehung eine sehr hohe Temperatur erhalten. Die Verbrennung macht also einen fortwährenden Zuzug von atmosphärischer Luft zum Brennstoffe nöthig und eine Abführung der durch die Verbrennung entstandenen Gase. Beides tritt bei einem frei brennenden Feuer mit der Verbrennung von selbst ein. Die Gase, welche durch die Verbrennung erzeugt worden sind, haben nämlich bei ihrer hohen Temperatur eine sehr viel geringere Dichte, als die kalte atmosphärische Luft, und werden deshalb nach den Gesetzen des Schwimmens emporgehoben (vergl. §. 21). Auf diese Weise verlassen die Verbrennungsproducte den Ort ihrer Entstehung und steigen vom Brennstoffe in die Höhe, während sich der von ihnen verlassene Raum wieder mit gewöhnlicher atmosphärischer Luft füllt, die mit dem glühenden Brennstoffe die Verbrennung weiter fortführt. Diese Luftbewegung wird sich aber noch weit kräftiger einstellen, wenn sich das Feuer in einer verticalen, oben und unten offenen Röhre befindet, weil der Luftzuzug nur in der unteren Oeffnung stattfindet, und dadurch die Verbrennungsproducte vor der Einmischung der äußeren Luft und damit vor der Abkühlung geschützt sind. Demgemäß sind gute Feuerungen so eingerichtet, daß der Brennstoff auf einem Roste liegt, und die zur Verbrennung nöthige Luft durch die Zwischenräume der Roststäbe zum Feuerraume dringt, an den sich eine Röhre zur Abführung der Verbrennungsproducte, der Schlot, unmittelbar anschließt. Bewegten sich Gase in Canälen ohne Reibungswiderstand, so würde der Zug im Schlote mit der Höhe desselben zunehmen, so jedoch, daß, um die Geschwindigkeit der Bewegung auf das Zwei- und Dreifache zu vermehren, die Höhe des Schlotes die vierfache oder zweimal zweifache und neun-, oder dreimal

Digitized by Google

dreifache sein müßte. Die Reibung übt aber in diesem Falle einen sehr beträchtlichen, wenn auch nicht genau zu bestimmenden, Einfluß aus, der um so beträchtlicher wird, je schneller sich die Luft im Schlote bewegt, je rauher die innere Oberfläche des Schlotes ist, und je größer die Ausdehnung derselben ist im Verhältnisse zum inneren Raume; in der letzteren Beziehung haben kreisrunde Schlote vor allen anderen entschieden den Vorzug, da sie bei gleicher Höhe und bei gleichem Querschnitte die kleinste Innenfläche darbieten. Dazu kommt endlich noch hinzu, daß die hohe Temperatur der Luft im Schlote den Zug bedingt, daß die Stärke desselben abnimmt mit dem Ueberschusse der Temperatur der inneren und äußeren Luft. Baut man nun auch die Schlote aus sehr schlechten Wärmeleitern, z. B. aus Backsteinen, so wird doch bei beträchtlicher Weite oder Höhe auch die Abkühlung berücksichtigt werden müssen, welche die Luft in Berührung mit den kalten Schlotwänden erleidet. In den meisten Fällen setzt man die Höhe und Weite der Schlote in ein solches Verhältniß zu der Menge von Brennstoff, der in bestimmter Zeit verbrannt werden soll, oder zum Volumen der dabei entstehenden Gase, daß die Geschwindigkeit des Zuges im Schlote 2 bis 3 Fuß für die Secunde beträgt.

Fig. 95.

Im Einzelnen sind die Einrichtungen der Feuerungen, je nach ihrem verschiedenen Zwecke sehr verschieden. Wir wollen dafür einige Beispiele geben.

Glühöfen. Um kleine Massen, z. B. Schmelztiegel, bis zur Weißgluth zu erhitzen, bedient man sich eines cylindrischen tragbaren Blechofens, Fig. 95, dessen Innenwände etwa 2″ stark mit feuerfestem Thone ausgestrichen sind, so daß nur ein kleiner Theil der erzeugten Wärme nach außen geleitet wird. Zwischen dem Aschenraume *A* und dem Feuerraume *B* befindet sich ein Rost mit schmalen Zwischenräumen. Der Tiegel *b* ruht nicht unmittelbar auf ihm, sondern auf einem schmalen cylindrischen Thonuntersatze *a*. Der Dom *C* wirkt als Schlot. Als Brennmaterial dienen am besten Holzkohlen, mit denen der Feuerraum nach dem Einsetzen des Tiegels vollgefüllt wird. Die Entzündung geschieht von unten durch glühende Kohlen oder dürre Holzspähne. Durch Oeffnen §. 76.

oder Schließen der Aschenfallthür kann der Zug regulirt werden. Durch die Thür im Dome können die Tiegel beobachtet und Kohlen nachgegeben werden. Der Feuerraum hat eine Thür zum Herausbringen der Kohlen nach beendigtem Glühen.

Sollen Massen mit freier Oberfläche erhitzt werden, so kann dies im eben beschriebenen Ofen wegen der einfallenden Asche und überhaupt zu nahen Berührung mit dem Brennstoffe nicht geschehen. In solchen Fällen sind Muffelöfen sehr brauchbar. Muffeln, Fig. 96, sind flach gewölbte, vorn offene, aber durch einen Deckel gut verschließbare Geschirre aus feuerfestem Thon. Soll in ihnen eine Verbrennung vorgenommen werden, so wird ein Rauchrohr aufgesetzt. Die Muffel *a*, Fig. 97, ruht auf eisernen Trägern und befindet sich unter der Wölbung eines dick aus Backsteinen gebauten Ofens. Die erhitzten Gase breiten sich über dem Roste *b* aus, schlagen um die Muffel herum und treten dann in einen gut ziehenden Schlot. Die Oeffnung vor dem Muffelraume bleibt während des Glühens durch einen gut schließenden Backstein geschlossen; die Thür vor der Feuerung wird nur während des Einlegens von Brennstoff geöffnet; die kalte Luft strömt durch die Oeffnung in der Thür des Aschenfalles ein. Als Brennstoff ist trockenes Holz vorzüglich.

Fig. 96.

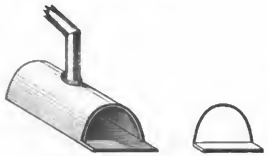


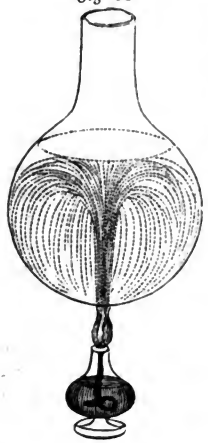
Fig. 97.

§. 77. **Kesselfeuerungen.** Sollen tropfbare Flüssigkeiten erwärmt werden, so muß dies stets von unten geschehen. Die Wärme, welche der Oberfläche einer Flüssigkeit zugeführt wird, kann sich blos durch Leitung fortpflanzen, und dies würde bei der schlechten Leitungsfähigkeit tropfbarer Flüssigkeiten sehr langsam geschehen. Erwärmt man aber zunächst die untersten Schichten, so entsteht in der Flüssigkeit eine Strömung, durch welche die Temperaturausgleichung sehr schnell bewirkt wird. Die am Boden erwärmten Flüssigkeitstheile dehnen sich aus und steigen auf, während die kalte, dichtere Flüssigkeit von der Oberfläche an den Boden sinkt und, hier erwärmt, abermals aufsteigt. Man beobachtet das Eintreten

Digitized by Google

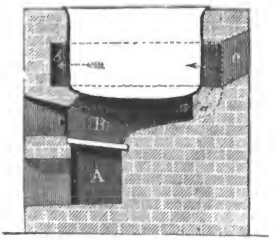
dieſer Strömungen ſehr bequem, wenn man Waſſer in einem Glaskolben, Fig. 98, langſam erhitzt und leichte Gegenſtände einſtreut, die ſich im Waſſer ſchwebend erhalten und allen Bewegungen im Waſſer folgen, etwa Sägeſpähne.

Fig. 98.



Kommt es blos darauf an, einer Flüſſigkeit anhaltend eine hohe Temperatur zu geben, ſo bringt man ſie in ein Gefäß, in welchem ſie nur wenig freie Oberfläche hat, oder welche den Dämpfen nur einen engen Abzugsraum geſtattet. Gewöhnlich wird aber eine reichliche Dampfbildung mit bezweckt.

Fig. 99.



Man bedient ſich dann flacher, gewöhnlich metallener, Keſſel, welche über dem Feuerraume eingemauert ſind, wie es Fig. 99 zeigt. *A* iſt der Aſchenraum, *B* der Feuerraum, die Flamme beſpielt den ganzen Keſſelboden, die heiße Luft ſteigt dem Roſte gegenüber hinter *a* ſenkrecht auf, umkreiſt die Seitenwand des Keſſels im Canal *b* und gelangt durch *c* in den Schlot.

Zimmerheizung. Eine Aufgabe ganz anderer und weit ſchwierigerer §. 78.
Art iſt bei der Zimmerheizung zu löſen. Die Luft iſt ein noch weit ſchlechterer Wärmeleiter, als tropfbare Flüſſigkeiten, und könnte daher durch Leitung allein nur ſehr langſam erwärmt werden, wenn nicht ein ähnlicher Umſtand zu Hülfe käme, wie wir ihn bei den tropfbaren Flüſſigkeiten bereits erwähnt haben. Setzt man nämlich einen heißen Körper auf den Boden eines Zimmers, ſo erhitzen ſich die ihn unmittelbar berührenden Luftſchichten, aber auch nur dieſe ſehr ſchnell; mit ihrer Temperaturerhöhung findet aber gleichzeitig eine Ausdehnung Statt, zufolge deren ſie zur Decke des Zimmers emporſteigen und die kältere Luft hinabdrücken. So wird eine kreiſende Bewegung erzeugt, die nach und nach alle Luft mit der erwärmten Oberfläche in Berührung bringt und erwärmt.

Digitized by Google

Unsere gewöhnlichen Oefen wirken in dieser Weise. Ein einfacher Versuch beweist dies sehr bestimmt. Von zwei Personen stelle sich die eine in die Nähe des Fensters, die andere in die Nähe des Ofens und werfe ein wenig Räucherpulver auf denselben. Der Geruch wird von der am Fenster stehenden Person früher bemerkt, als von der, die nur wenige Fuße vom Ofen entfernt ist. Die riechenden Gase, die sich aus dem erwärmten Räucherpulver entwickeln, folgen aber hier nur der allgemeinen Bewegung der Luft im Zimmer.

Die besseren Oefen enthalten außer Aschen- und Feuerraum eine Anzahl Canäle, durch welche die Verbrennungsproducte erst wandern müssen, ehe sie in den Schlot gelangen. Dem Früheren gemäß müßte ein Ofen um so besser sein, je mehr er Oberfläche darböte und je höher die Temperatur seiner Oberfläche wäre. Aus dem ersten Grunde sucht man die Züge im Ofen möglichst auszudehnen, wie bei den russischen Oefen, oder allseitig von der Zimmerluft umspielen zu lassen, wie bei den Durchsichtsöfen. Hier wird man aber eine Grenze sehr bald darin finden, daß die Verbrennungsproducte im Ofen nicht zu sehr abgekühlt werden dürfen, wenn der Zug nicht stocken soll. Aus dem zweiten Grunde würde von den Materialien, die man zum Ofenbau verwendet, dasjenige den Vorzug verdienen, welches die Wärme am besten leitet und am dünnsten genommen werden kann. Die fast allein tauglichen Materialien sind Gußeisen, Eisenblech und gebrannter Thon, und davon besitzen die beiden ersten eine etwa 33mal größere Wärmeleitungsfähigkeit, als der letzte. Dennoch kann man dem Eisen nicht für alle Fälle den Vorzug vor dem Thone einräumen. Allerdings werden eiserne Oefen schneller warm, als thönerne, sie erkalten aber auch viel schneller; um eine gleichbleibende Wärme in einem Raume zu erzeugen, ist daher bei eisernen Oefen ein wiederholtes Einlegen von Brennstoff in einzelnen Portionen nothwendig, dagegen in thönerne die ganze Quantität Brennstoff auf einmal eingelegt und abgebrannt werden kann. Die russischen Oefen werden z. B. in 24 Stunden nur einmal geheizt, sie haben aber auch noch eine besondere Einrichtung, die sie vor der Abkühlung schützt, indem die Einmündung der Ofenzüge in den Schlot, nachdem der eingelegte Brennstoff völlig verzehrt ist, dicht verschlossen werden kann. Dazu kommt noch ein anderer Umstand hinzu. Ein Ofen, dessen Wände sehr heiß sind, wirkt auf die im Zimmer befindlichen Körper auch durch Strahlung. Die dadurch erzeugte Erwärmung ist aber nie angenehm, weil sie blos einseitig wirkt, man nennt sie stechend. Je niedriger die Temperatur des Ofens ist, desto geringer wird die Wirkung der Strahlung im Verhältnisse zu der der Leitung. Ob ein Ofen von innen oder außen geheizt wird, ist eine Sache, die mehr aus Gründen der Bequemlichkeit, als des Nutzens entschieden werden muß.

Digitized by Google

Bei der Heizung von innen wird die Zimmerluft selbst zur Verbrennung verwendet, so daß ein fortwährender Zuzug kalter Luft von außen stattfinden muß, der häufig die Ursache von Fußkälte ist.

Wenn Oefen von guter Construction häufig unseren Erwartungen nicht entsprechen, so liegt dies größtentheils in der schlechten Beschaffenheit unserer Zimmer. Zu hermetisch geschlossenen Räumen können und dürfen unsere Zimmer allerdings nicht werden; aber bei einfachen, gewöhnlich an vielen Stellen klaffenden, dünnen Thüren und Fenstern kann ein Zimmer keine nachhaltende Heizung erhalten. Die Anschaffung von Doppelthüren und Doppelfenstern ist schon für unser Klima eine ebenso wichtige Sache der Ersparniß, als die Construction guter Oefen. Wir brauchen nur auf §. 74 zurückzuweisen, um begreiflich zu machen, daß z. B. zwei getrennte Glasscheiben hinter einander viel weniger Wärme durchlassen, als eine Glasscheibe, selbst wenn sie von doppelter Stärke genommen wird. Ebenso sehr zu empfehlen ist das Verkleben aller Fugen mit starkem Papier, durch welche ein directer Luftwechsel zwischen Innen und Außen stattfinden könnte.

Schließlich müssen wir die Richtigkeit der Bemerkung anerkennen, daß eine zweckmäßige Heizmethode in unserem hinsichtlich der Temperatur sehr unregelmäßig wechselnden Klima weit schwerer zu erreichen ist, als in constant kälteren nördlicheren Gegenden.

B. Destillirapparate.

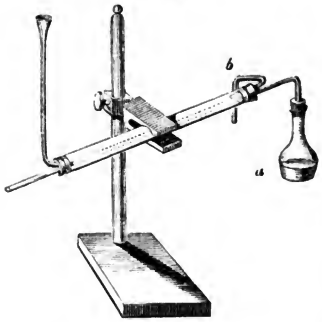
Eine Operation, welche in der praktischen Chemie, wie in der Technik §. 79.
sehr häufig ausgeführt wird, ist die **Destillation**. Durch sie sollen aus einem Gemische entweder die verdampfbaren Theile von den nicht verdampfbaren, oder die leichter verdampfenden Theile von den schwerer verdampfenden, d. h. Flüssigkeiten, die bei niedrigerer Temperatur sieden, von Flüssigkeiten, die bei höherer Temperatur sieden, durch bloße Verdampfung getrennt werden.

Daß die Trennung im letzten Falle nie vollständig werden kann, sondern daß man sich begnügen muß, auf der einen Seite als flüssigen Rückstand den größeren Theil der schwerer siedenden Flüssigkeiten mit dem kleineren Theile der leichter siedenden zu behalten, auf der anderen Seite in den Dämpfen den größeren Theil der leichter siedenden Flüssigkeiten mit dem kleineren der schwerer siedenden, ergiebt sich klar aus den Gesetzen der Bildung und Condensation gemischter Dämpfe (vergl. §. 67).

Destillation im Kleinen. Für Arbeiten im Kleinen werden die §. 80.
Destillirgefäße aus Glas genommen. Sind die zu destillirenden Flüssig-

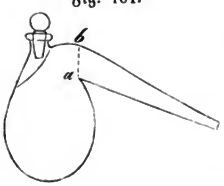
Digitized by Google

Fig. 100.



keitsmengen sehr klein, so bringt man sie in einen Glaskolben *a*, Fig. 100, und läßt die Dämpfe durch ein Glasrohr streichen, in welchem dieselben condensirt werden. Das Glasrohr wird dadurch abgekühlt, daß es in einem zweiten, weiteren Rohre steckt, an dessen unterem Ende durch eine Trichterröhre kaltes Wasser zufließt, und nachdem es die bei der Dampfcondensation frei gewordene Wärme aufgenommen hat, bei *b* abfließt.

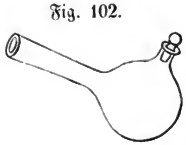
Fig. 101.



Die gewöhnliche Form der gläsernen Destillirgefäße ist jedoch die der Retorte oder eines Glaskolbens mit umgebogenem Halse, Fig. 101. Das Wesentlichste an dieser Form liegt im richtigen Uebergange aus dem Bauche der Retorte in den Hals. Der Hals entspringt oben und seitwärts aus dem Bauche, ist daselbst weit und verengt sich nachher allmälig. Der über dem Bauche befindliche Theil des Halses, das Gewölbe, hat seinen höchsten Punkt erst senkrecht über der scharfen Einbiegung bei *a*, so daß alle durch Spritzen emporgeworfene Flüssigkeit wieder zurückkehrt, dagegen Alles, was jenseits *a b* condensirt wurde, in den Hals abfließt. Die Oeffnung mit Glasstöpsel auf dem Gewölbe heißt die Tubulatur und dient zum Einfüllen in die Retorte. Häufig kann dies auch durch den Hals geschehen und dann ist die Tubulatur überflüssig.

Aus dem Halse der Retorte treten die Dämpfe in einen Kolben, Fig. 102, mit nach außen erweitertem Halse, in die Vorlage. Diese wird, je nach Bedürfniß, mit kaltem Wasser oder von einer Kältemischung umgeben, und dient zugleich zur Aufnahme der aus den Dämpfen condensirten Flüssigkeit. Auch die Vorlagen haben häufig Tubulaturen und müssen sie dann haben, wenn die in der Retorte entwickelten Gase nicht ganz condensirt werden können. Der Tubulus wird dann

Fig. 102.



Digitized by Google

geöffnet und gestattet den nicht condensirten Gasen freien Abzug. Retorte und Vorlage werden durch Kork, Caoutschouc oder Kitt mit einander verbunden.

Destillation im Großen. Wenn größere Massen von Flüssigkeiten §. 81. destillirt werden sollen, so nimmt man Gefäße aus Metall, gewöhnlich Kupfer, Fig. 103, die dann aus zwei Theilen bestehen, einem unteren zur Aufnahme der Flüssigkeit, der allein von der Feuerung berührt wird, der Blase oder dem Brennkessel, und einem oberen, welcher die Dämpfe auffängt und weiter führt, dem Hute oder Helm. Den Durchmesser der Blase nimmt man in der Regel $2\frac{1}{2}$—3mal so groß,

Fig. 103.

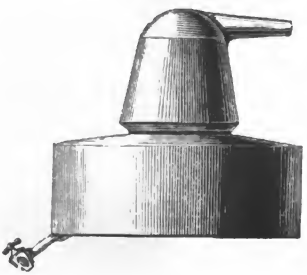
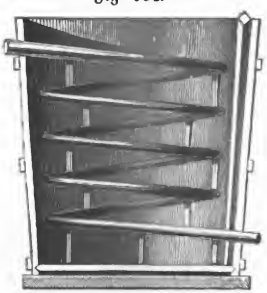


Fig. 104.



als ihre Höhe. Der Hut kann sehr verschiedene Gestalten erhalten. Die Condensation der Dämpfe findet gewöhnlich in einem spiralförmig gebogenen kupfernen Rohre, dem Condensator, Statt, Fig. 104. Dieses Rohr befindet sich in einem Kübel, zu dem unten durch einen Trichter kaltes Wasser zufließt, während das in Berührung mit dem Kühlrohre erwärmte Wasser aufsteigt und oben abfließt.

Spiritusapparate. Sehr einfach ist die Aufgabe der Destillation, §. 82. wenn es sich nur darum handelt, das Verdampfbare überhaupt von dem nicht Verdampfbaren zu trennen, wie z. B. bei der Reinigung des gewöhnlichen Wassers durch Destillation. Man hat dann vorzüglich darauf zu achten, daß die Dämpfe theilweise nicht schon an solchen Stellen condensirt werden, wo die condensirte Flüssigkeit nach der Blase zurückfließt. Große hohe Hüte, die durch die umgebende Luft immer abgekühlt werden, sind für diesen Zweck nicht vortheilhaft.

Weit schwieriger wird die Anordnung der Einzelnheiten eines Apparates, der für Destillation einer Mischung von Flüssigkeiten dienen soll, die bei verschieden hoher Temperatur sieden, z. B. diejenigen des Weingeistes. Der Weingeist wird aus einer Flüssigkeit, der Maische, gewonnen, die

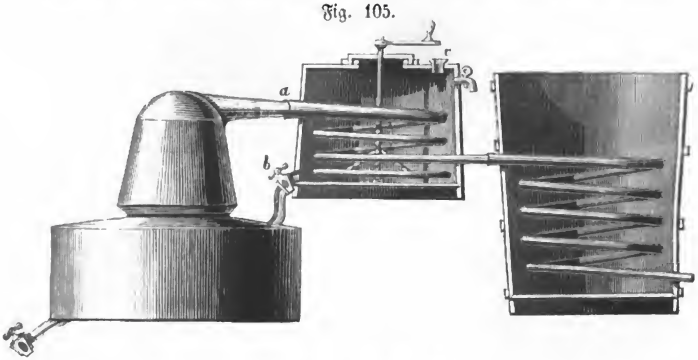
Digitized by Google

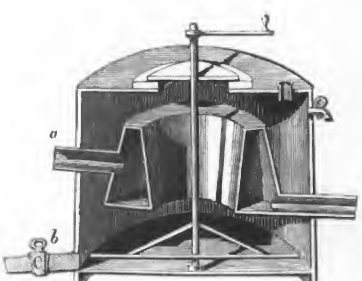
viele Pflanzenreste aufgeschwemmt enthält. Diese setzen sich leicht am Boden fest, verbrennen und geben dann übelriechende Destillationsproducte besonderer Art. Man zieht es deshalb vor, die Blasen durch eingeleiteten Wasserdampf zu heizen (vergl. §. 84), obgleich dadurch die Maische wasserhaltiger wird. Der in Auflösung befindliche Theil der Maische enthält nur wenig Unverdampfbares; das Verdampfbare ist im Wesentlichen Wasser und Alkohol; und dieser letztere soll durch die Destillation möglichst vollständig und für sich gewonnen werden.

Die direct aus der Maische entwickelten Dämpfe sind viel zu wasserreich, um durch Condensation eine im Handel brauchbare Flüssigkeit zu geben. Erst nach einer zweiten Destillation, bei der das Wasser zum großen Theile in der Blase zurückgeblieben ist, erhält man eine Mischung von Alkohol und Wasser von der zum Trinken hinreichenden Stärke, den Branntwein.

Man erhält dabei aus dem Kübel des Condensators eine so große Menge von warmem Wasser, daß man gewöhnlich einen großen Theil

Fig. 105.



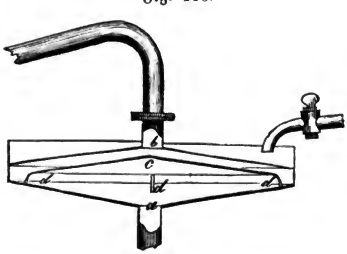


Digitized by Google

davon ungenutzt fortfließen lassen muß. Dadurch entsteht natürlich ein beträchtlicher Verlust an Brennmaterial, der vermieden wird, wenn man das Kühlrohr theilt, so daß sich der vordere Theil in einem kleineren mit Maische gefüllten Kübel befindet, und erst der hintere Theil durch Wasser völlig gekühlt wird, wie dies Fig. 105 zeigt. Ein Theil der Verdampfungswärme wird so an diejenige Maische übergeführt, welche zunächst in die Blase übergefüllt werden soll und beschleunigt das Eintreten des Siedens. Vorrichtungen der Art nennt man Vorwärmer.

Der Hauptvorzug der neueren zusammengesetzten Destillirapparate liegt aber nicht sowohl in der mit der Einführung des Vorwärmers verbundenen Ersparniß an Brennmaterial, als in der Gewinnung starken Weingeistes, der etwa 90 Volumprocente Alkohol enthält, durch einmalige Destillation. Man gelangt zu diesem Zwecke durch successive und theilweise Condensation, sogenannte Rectification. Es ist nämlich einleuchtend (vergl. §. 67), daß durch die Condensation zuerst eine wasserreichere Flüssigkeit aus den Dämpfen abgeschieden wird, als später, daß somit, je öfter eine theilweise Condensation stattgefunden hat, der Alkoholgehalt im Dampfreste um so bedeutender geworden ist. Dieser Rest, für sich condensirt, liefert daher ein Gemisch von sehr hohem Alkoholgehalte. Die aus den Dämpfen zuerst niedergeschlagenen Flüssigkeiten müssen natürlich nach und nach zur Blase zurückfließen und so eine zweite Destillation erleiden. Einer der vorzüglichsten Rectificatoren ist das Pistorius'sche Becken, wovon Fig. 106 eine Durchschnittszeichnung giebt. Es ist von Kupfer und hat einen nach oben hervorstehenden Rand, so daß der Deckel unter eine Bedeckung von kaltem Wasser gesetzt werden kann. Ehe die Dämpfe zu ihm gelangen, sind sie bereits durch den Maischvorwärmer gewandert und zum Theil darin condensirt worden. So concentrirt, treten sie (bei *a*) in das Becken ein, können aber nicht gleich zur entgegengesetzten Oeffnung (*b*) hinaus, sondern müssen sich erst unter der auf den Drahtfüßen (*d d*) ruhenden Kappe (*c*) hindurchziehen und werden dadurch längere Zeit im Becken zurückgehalten, durch die kalten Wände desselben abgekühlt, und je nachdem man ein weiteres oder engeres Becken oder mehrere Becken über einander anwendet, zu einem

Fig. 106.



Digitized by Google

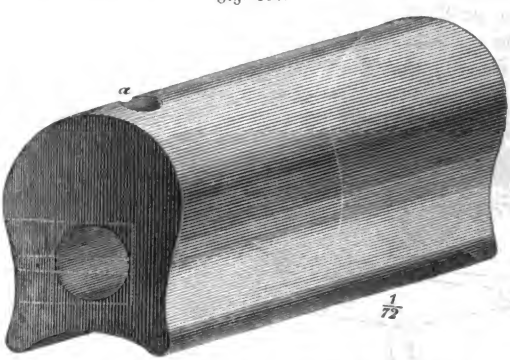
größeren oder geringeren Theile condensirt. Die übrig gebliebenen alkoholreichen Dämpfe treten allein in das Kühlrohr des Condensators und geben bei der Condensation einen starken Spiritus; die im Becken condensirten Flüssigkeiten laufen an den schiefen Flächen abwärts und werden von Zeit zu Zeit in die Blase gelassen.

C. Dampfkessel.

§. 83. Eine für die neuere Technik sehr wichtige Aufgabe ist die Erzeugung von Wasserdämpfen theils zum Zwecke der Dampfheizung, theils zum Betriebe von Dampfmaschinen.

Die Dampfkessel verfertigt man in der Regel aus Tafeln von starkem Eisenblech, welche an einander genietet werden. Die Fugen macht man durch Eisenkitt dampfdicht. Der Eisenkitt besteht aus einer Mischung von feinen Eisenfeilspähnen, Salmiak und Schwefel, die mit Wasser angerieben wird und ein Aneinanderrosten der vorher blank geputzten Blechränder veranlaßt. Eine sehr gewöhnliche Form für Kessel, in denen die Dämpfe nur eine niedrige Spannung, d. h. eine solche von $^6/_5$ bis $^5/_4$ Atmosphären, erlangen sollen, ist die Packwagen ähnliche von Fig. 107.

Fig. 107.

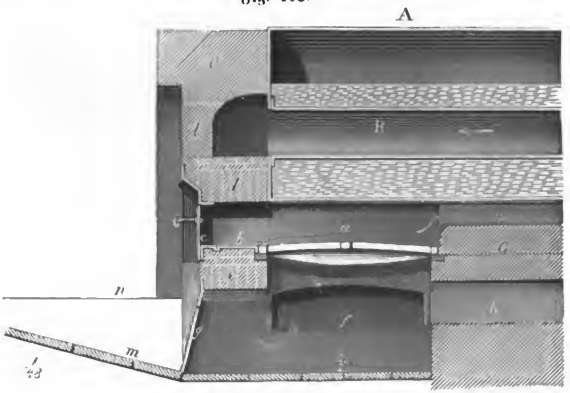


Durch eine Rauchröhre, welche den Feuerzug mitten durch die Wasserfüllung hindurchführt, wird die Heizfläche des Kessels vergrößert. Allgemein anwendbar auch für Dampf von höherer Spannung sind nur cylindrische Kessel. Aus Fig. 108 und 109 ist die Einrichtung eines solchen Kessels mit zwei Rauchröhren ersichtlich; Fig. 108 zeigt denselben mit der Feuerung im Längsdurchschnitte, Fig. 109 im Querdurchschnitte. Zu dem Feuerroste *a* wird die Luft durch den Canal *h* geführt, der der Länge nach

Digitized by Google

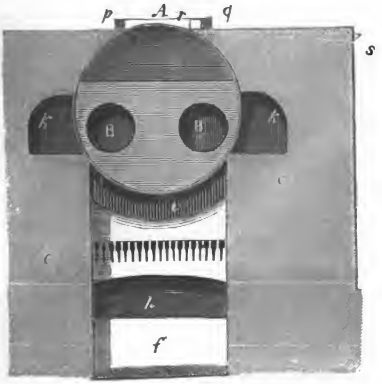
unter dem Keſſel hinſtreicht. Die erhitzte Luft tritt von der Feuerung aus in den Canal *i*, unter dem Keſſelboden hinweg, ſteigt an der Hinter-

Fig. 108.



wand des Keſſels aufwärts, ſtrömt getheilt in den Rauchröhren *B B* vorwärts, dann in den Zügen *k k* an den Seitenflächen des Keſſels

Fig. 109.



rückwärts und gelangt von da, zuletzt wieder in einen Zug vereinigt, in den Schlot. Einen großen Vortheil gewährt die Verbindung eines cylindriſchen Keſſels mit Röhren von geringem Durchmeſſer, die allein der

Digitized by Google

directen Wirkung des Feuers ausgesetzt sind, mit sogenannten Siedern. Mit dem Hauptkessel *A*, Fig. 110 und 111, sind die Sieder *C* durch

Fig. 110.

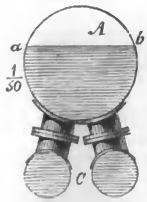
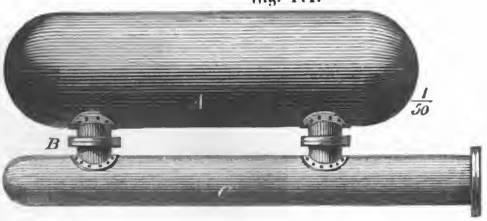
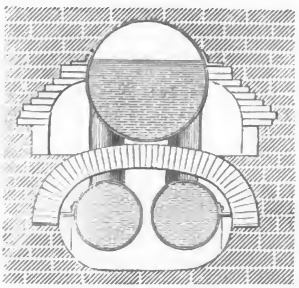


Fig. 111.



kurze Röhren *B* verbunden. Sowohl der Kessel, als auch die Sieder werden durch angenietete oder angegossene Ohren, Fig. 112, im Mauerwerke getragen. Die Sieder sind überwölbt, also auch mit ihrer ganzen Oberfläche dem Feuer ausgesetzt. Der Zug geht zuerst nach hinten, dann aufwärts und kehrt zu beiden Seiten des Kessels nach vorn zurück, um in den nahe liegenden Schlot zu entweichen.

Fig. 112.



Die Kessel dürfen nicht viel über die Hälfte mit Wasser gefüllt sein, da sie zugleich als Dampfbehälter dienen. Um die Gefahr des Springens zu beseitigen, dürfen die Feuerzüge nur solche Stellen der Kesselwand treffen, die auf der inneren Seite von Wasser bespült werden.

Durch den Deckel des Kessels geht eine gut verschließbare Oeffnung, weit genug, um einen Mann bei nöthigen Reparaturen einzulassen, und eine Abzugsröhre für den Dampf. Außerdem müssen sich an jedem Kessel mehrere Apparate befinden, durch welche der Wasserstand gemessen und Wasser nachgefüllt wird, die Spannung des Dampfes bestimmt und eine für die Dicke der Kesselwände zu hohe Spannung verhindert wird.

Zur Messung des Wasserstandes dienen entweder Probirhähne, oder Schwimmer, oder Visirröhren. Die Probirhähne gehen durch die Vorderwand des Kessels in verschiedener Höhe, so daß das Wasser nie unter die Oeffnung des unteren sinken und nie über diejenige des oberen steigen darf. Beim Oeffnen des oberen Hahnes darf daher nur Dampf, des unteren nur Wasser ausströmen.

Digitized by Google

Fig. 113.

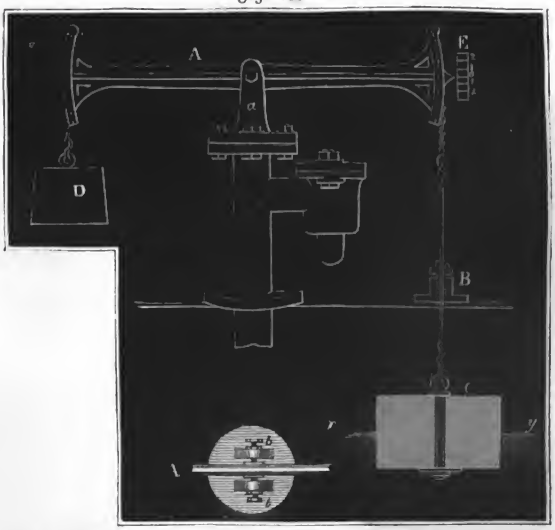
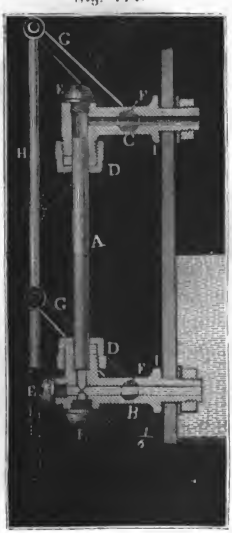


Fig. 114.



Die Schwimmer *C*, Fig. 113, sind mit Stäben versehen, welche dampfdicht durch eine Büchse *B* in der Kesseldecke hindurchgehen. Das Ende des Stabes sinkt und steigt mit dem Schwimmer, wie der Wasserstand (*x y*), und giebt dies auf mancherlei Art, z. B. durch einen Zeiger an, der an einem vermittelst einer übergeschlagenen Schnur durch den Schwimmer gedrehten Hebel befestigt ist.

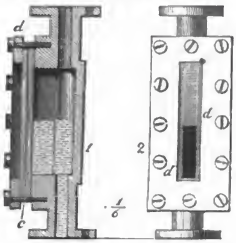
Am sichersten erkennt man den Wasserstand mittelst der Visirröhren. Ihre gewöhnliche Einrichtung ist aus Fig. 114 zu ersehen. Das starke Glasrohr *A* ist dampfdicht mit den Querröhren *B* und *C* verschraubt, so daß, wenn die Hähne *FF* geöffnet sind, das Wasser darin gleich hoch steht, wie im Kessel. Die Innenwand dieses Rohres wird aber sehr leicht trübe, und muß öfter geputzt werden. Soll dies geschehen, so schließt

Digitized by Google

man beide Hähne $F\,F$ durch Niederdrücken der Stange H und zieht die Schrauben $E\,E$. Ganz gläserne Visirröhren sind jedoch immer sehr zerbrechlich. Deshalb verdient die Einrichtung, welche Fig. 115 zeigt, unbedingt vor ihnen den Vorzug. Zwischen die Querröhren B und C der vorigen Figur ist anstatt des Glasrohres eine vorn aufgeschlitzte Messingröhre eingesetzt. Der Schlitz ist mit starkem Glas bedeckt und dieses mittelst eines aufgeschraubten Rahmens dampfdicht befestigt.

Fig. 116.

Fig. 115



Das Nachfüllen geschieht bei Kesseln für Dämpfe von niederer Spannung durch eine aufgesetzte Speiseröhre, Fig. 116. Die Speiseröhre muß so hoch sein, daß die durch den Ueberdruck des Dampfes gehobene Wassersäule nicht überfließt, also bei einer Dampfspannung von $^5/_4$ Atmosphären eine Höhe von wenigstens $\frac{31',5}{4} = 7',9$ haben (vergl. S. 27). Die Speiseröhre endigt in einem Becken a, zu welchem durch das Rohr b fortwährend Wasser zufließt, und von da in den Kessel gelangt, sobald bei sinkendem Wasserstande durch den am Schwimmer f' befestigten Stab f das Kegelventil d gehoben ist. Hat der Wasserstand im Kessel wieder die gehörige Höhe erreicht, so hebt sich der Schwimmer f', und das Ventil d wird wieder geschlossen. Das Wasser, welches dann dem Becken zugeführt wird, findet durch das Rohr i seinen Abfluß.

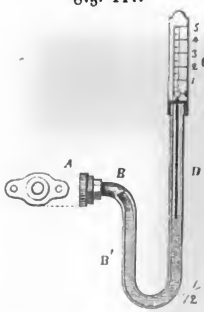
Für Dämpfe von höherer Spannung müßte die Speiseröhre eine unbequeme Höhe erhalten. Man zieht deshalb für diesen Gebrauch eine Druckpumpe vor.

Zum Messen der Spannung dient für Dämpfe von niederem Drucke

Digitized by Google

eine eiserne mit Quecksilber gefüllte, umgekehrte Heberröhre *B*, Fig. 117, deren einer Schenkel in die Kesselwand eingeschraubt ist und mit dem Dampfraume communicirt, während der andere eine freie Mündung hat. Hat der Dampf die Spannung einer Atmosphäre, so steht das Quecksilber in beiden Schenkeln gleich hoch; ist die Spannung des Dampfes größer, so steigt das Quecksilber im Schenkel mit freier Oeffnung, und der gestielte Schwimmer *D* giebt den Ueberdruck an der Scale *C* an.

Fig. 117.



Für die Messung einer höheren Spannung der Dämpfe dient das Instrument, wovon Fig. 118 einen Durchschnitt, Fig. 119 eine Ansicht giebt. Die Dämpfe treten in das geschlossene Metallgefäß *A*, in dem sich ein kleineres, bis *xy*, Fig. 119, mit Quecksilber gefülltes Gefäß befindet. Die Glasröhre *C* reicht mit ihrem unteren offenen Ende bis beinahe auf den Boden dieses inneren Gefäßes und geht dampfdicht durch den Deckel des äußeren Gefäßes *A*. Das Glasrohr *C* enthält Luft von gewöhnlicher Spannung; ihr oberes Ende ist zugeschmolzen. Hat der Dampf atmosphärische Spannung, so steht das Quecksilber im Gefäße und in der Glasröhre gleich hoch. Nimmt die Spannung des Dampfes zu, so wird die Luft in der Glasröhre zusammengedrückt, durch eine Spannung von zwei Atmosphären auf die Hälfte, von drei Atmosphären auf ein Drittheil u. s. f. Ueberhaupt steht das Volumen der in der Röhre eingesperrten Luft im umgekehrten Verhältnisse der Spannung des Dampfes.

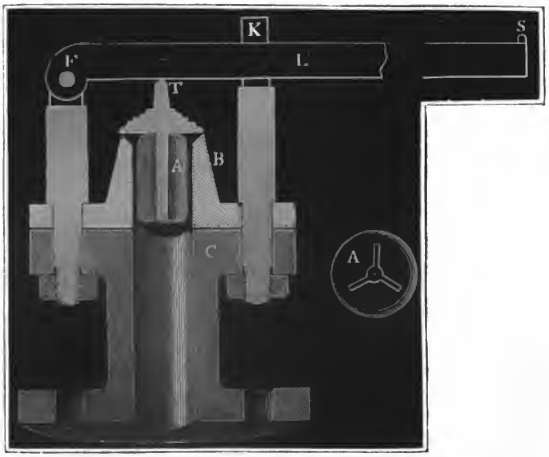
Fig. 118.

Fig. 119.

Endlich unter den Vorrichtungen, durch welche eine zu hohe Spannung verhütet werden soll, verdienen ganz allein die Sicherheitsventile Erwähnung. Es sind gewöhnlich Kegelventile, die auf den Deckel des Kessels aufgesetzt sind, und deren Lage durch Führungen gesichert ist. Für jeden □ Zoll in der Oeffnung ihres Sitzes und für jede Atmosphäre Spannung, welche den Dämpfen gegeben werden soll, muß

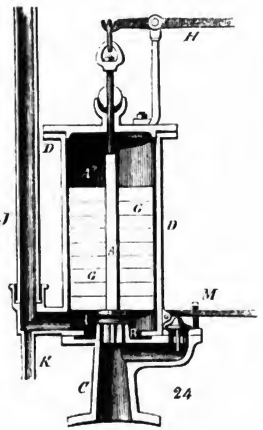
das Ventil mit 14,6 Pfunden belaſtet worden ſein. Die Belaſtung geſchieht entweder durch einen beſchwerten Hebel, wie in Fig. 120, oder

Fig. 120.



direct, wie in Fig. 121. Damit die nach längerem Schluſſe ſehr geſteigerte Adhäſion dem Spiele der Ventile keinen Eintrag thut, iſt es rathſam, dieſelben von Zeit zu Zeit auf Augenblicke zu lüften. Deshalb iſt auch das direct belaſtete Ventil, Fig. 121, mit einem Hebel *H* verſehen; auch geſtattet neben ihm das kleine Ventil *M* noch einen beſonderen Dampfweg.

Fig. 121.



D. Dampfheizung.

§. 84 Eine ſehr ausgedehnte Anwendung findet der Waſſerdampf zur Heizung, indem er in die zu erhitzende Maſſe vermittelſt eines Rohres eingeleitet wird. Die Verhältniſſe, auf welche es hier ankommt, ſind zwar im Allgemeinen ſchon in §. 68 erläutert, der Fall, wo Waſſer durch Dampf

Digitized by Google

erhitzt werden soll, mag jedoch hier noch einmal ausführlicher zur Beurtheilung kommen.

Die Wärmecapacität des Wassers kann für praktische Zwecke innerhalb des Fundamentalabstandes als constant angesehen werden, d. h. innerhalb der Temperaturen 0° und 100° C. brauchen gleiche Gewichtsmengen Wasser gleich große Wärmemengen, um eine Temperaturerhöhung von gleichviel Graden zu erfahren. Um einen festen Ausgangspunkt für die Rechnung zu gewinnen, soll die Wärmemenge, durch welche die Temperatur von 1 Pfd. Wasser um 1° C. erhöht wird, als Einheit gelten. Um 25 Pfd. Wasser von 15° C. auf 70° C. zu bringen, sind dann beispielsweise 25 (70 — 15) = 1375 Wärmeeinheiten erforderlich. Soll nun die Erwärmung dadurch geschehen, daß siedendes Wasser zugemischt wird, so beträgt das Gewicht dieses Zusatzes so viel, daß dasselbe mit der stattfindenden Temperaturerniedrigung von 100 — 70 = 30° C. multiplicirt, die Zahl 1375 als Product giebt, d. h. daß dabei 1375 Wärmeeinheiten vom heißen Wasser an das kältere übertragen werden. Im angegebenen Falle ist also das Gewicht des siedenden Wassers $\frac{1375}{30} = 45{,}8$ Pfd.

Ganz anders stehen die Verhältnisse bei der Erwärmung durch eingeleiteten Wasserdampf. Hat der Wasserdampf auch nur die Spannung von einer Atmosphäre, also bei seiner Entstehung die Temperatur von 100° C.; so hat er bei seiner Bildung aus gleich heißem Wasser 540 Wärmeeinheiten aufgenommen, die er bei der Condensation wieder abgiebt. Behalten wir nun die Zahlen des vorigen Beispiels bei, so muß der condensirte Wasserdampf und das abgekühlte Condensationswasser 1375 Wärmeeinheiten abgeben, oder das Gewicht des Wasserdampfes, multiplicirt mit 570 (= 540 + 30), muß als Product 1375 geben. Das Gewicht des erforderlichen Wasserdampfes ist danach $\frac{1375}{570} = 2{,}4$ Pfd.

Vom Wasserdampfe braucht man also im vorliegenden Falle dem Gewichte nach nur etwa den zwanzigsten Theil des gleich heißen Wassers. Der Vortheil, den die Anwendung des Dampfes darbietet, tritt so klar genug hervor für den Fall, daß bei der Erwärmung eine Zunahme der Wassermenge möglichst vermieden werden soll; und dies ist der gewöhnliche Fall. Die verbrauchte Wärmemenge ist jedoch in beiden Fällen natürlich dieselbe. Eine Ersparniß an Brennmaterial kann daher auch nur in der Beziehung stattfinden, daß die Apparate zur Erzeugung von Wasserdampf weniger zufällige Wärmeverluste gestatten, als diejenigen zum bloßen Wassersieden.

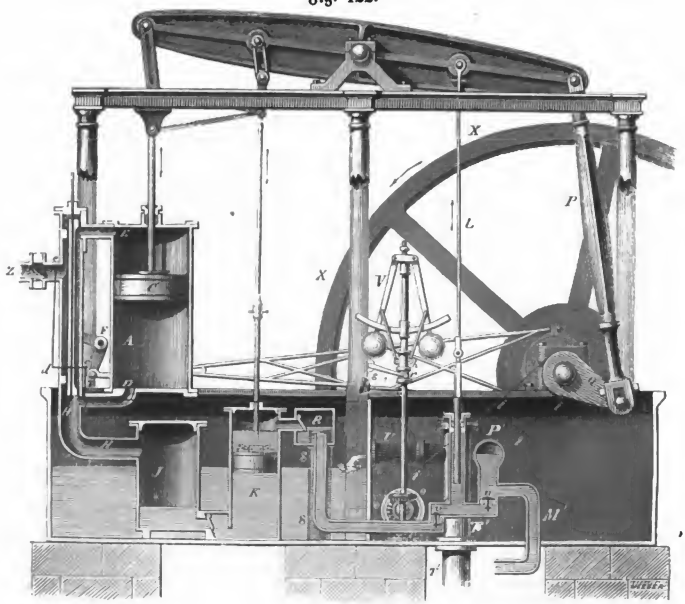
Digitized by Google

E. Dampfmaſchine.

§. 85. Die erfolgreichſte Anwendung, welche man vom Waſſerdampfe zu machen gelernt hat, bietet die Dampfmaſchine, deren allgemeine Verbreitung eine neue Epoche des Gewerb- und Fabrikweſens hervorgerufen hat.

Je nachdem zum Betriebe einer Dampfmaſchine Dampf von hoher oder niederer Spannung verwendet wird (ſ. §. 83), wird dieſelbe eine Hoch- oder Niederdruckmaſchine genannt. Wir geben im Folgenden die Beſchreibung der Niederdruckmaſchine, wie ſie durch den ausgezeichneten

Fig. 122.



engliſchen Maſchinenbauer Watt eingerichtet worden iſt. Fig. 122 giebt eine Zeichnung davon, im oberen Theile eine Anſicht, im unteren einen Durchſchnitt.

Die Art, wie die Bewegung vermittelt wird, iſt folgende. Durch den Dampf wird der Kolben *C* auf- und abwärts bewegt. Durch eine Stange iſt dieſer Kolben mit dem Ende des Maſchinenbalkens

Digitized by Google

(Balanciers) verbunden, der auf einem von sechs Säulen getragenen Rahmen ruht, und um seinen Mittelpunkt beweglich ist. Am anderen Ende des Maschinenbalkens hängt die Schubstange *P*. Geht der Kolben *C* aufwärts, so wird die Schubstange abwärts gedrückt und umgekehrt. Diese auf- und abwärts gehende Bewegung wird dadurch in eine kreisende verwandelt, daß das untere Ende der Schubstange auf die Kurbel *Q* aufgreift und dadurch sowohl während des Sinkens, als auch während des Steigens in einer halbkreisförmigen Bahn geführt wird. Damit sich aber die Axe der Kurbel continuirlich nach einer Richtung dreht, und die Kurbelnarbe nicht beim Aufwärtsziehen der Schubstange denselben Halbkreis rückwärts beschreibt, den sie beim Abwärtsdrücken vorwärts beschrieben hatte, ist das Schwungrad *X* zugegeben. Die Bewegung, welche der Masse dieses Schwungrades mitgetheilt worden ist, wenn die Schubstange mit voller Kraft drehend auf die Kurbel wirkt, wenn nämlich dieselbe nahe einen rechten Winkel mit dem Kurbelarme bildet, erhält die Drehung der Kurbelaxe und führt sie über die Punkte hinaus, wo die Schubstange nur einen Druck oder Zug auf den Kurbelarm ausüben kann, d. h. wo beide mehr oder weniger eine Richtung haben. Die hin- und hergehende Bewegung des Kolbens ist auf diese Weise in die rotirende der Kurbelaxe verwandelt worden.

Der Kolben *C* bewegt sich im Cylinder *A* und schließt so genau an seine Wände, daß keine Dampfverbindung zwischen dem Raume über und unter dem Kolben stattfindet. Die Kolbenstange geht dampfdicht durch eine Stopfbüchse im Deckel des Cylinders. Der Dampf strömt vom Kessel her durch die Röhre *Z* und tritt abwechselnd durch das Rohr *E* über den Kolben und durch das Rohr *D* unter den Kolben. Der Raum im Cylinder, zu dem augenblicklich keine Dampfzuströmung stattfindet, steht durch die Röhre *H* mit einem kühlen und nahe luftleeren Gefäße *J*, dem Condensator, in Verbindung; die im Cylinder enthaltenen Dämpfe ziehen nach dem Condensator ab und werden durch Erkaltung condensirt. Während also auf die eine Seite des Kolbens der Dampf einen Druck von etwa $\frac{5}{4}$ Atmosphären ausübt, hat die andere Seite durch den condensirten Dampf nur noch wenig Druck auszuhalten, so daß von Seiten des einströmenden Dampfes ein starker Ueberdruck bleibt, der den Kolben vorwärts treibt. Hat der Kolben den Weg von einem Ende des Cylinders bis zum anderen zurückgelegt, so findet ein Wechsel der Dampfeinströmung und Condensation Statt.

Dieser Wechsel, die Steuerung, wird durch den Mechanismus des Schubladenventils und des Schubrechens bewerkstelligt. Das

Digitized by Google

Ventil zeigt Fig. 123, 124 und 125. Eine halbcylinderförmige Röhre *F*.

Fig. 123.

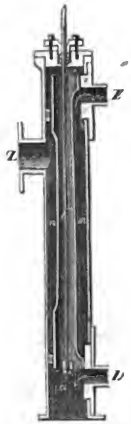
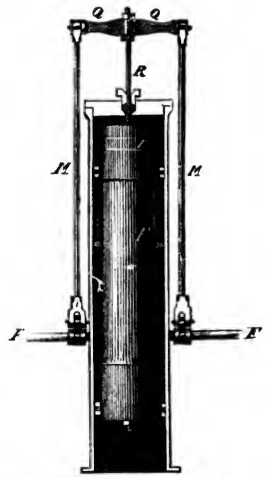


Fig. 124.

Fig. 125.



die Schieblade, bewegt sich in einem Behälter, so daß der Raum *m*, zu welchem der Dampf fortwährend zuströmt, vom Raume *a* und *d* dampfdicht getrennt bleibt. Hat die Schieblade die Stellung von Fig. 123 und 125, so kann der Dampf von *m* aus durch das Rohr *E* über den Kolben treten, der Raum unter dem Kolben communicirt währenddessen durch die Röhre *D* mit dem Condensator. Hat hingegen die Schieblade die in Fig. 124 gezeichnete Stellung, so tritt der Dampf von *m* aus durch *D* unter den Kolben, und die Dämpfe, die früher über dem Kolben eingeströmt waren, ziehen durch *E* und die Höhlung der Lade nach dem Condensator. Die Lade wird mittelst der Stange *R* (Fig. 125) gehoben und gesenkt. Diese Stange geht durch den Querbalken *Q*, an dessen Enden die Stangen *M* angreifen, die durch kurze an der Welle *F* befindliche Querarme gehoben und gesenkt werden. Die Welle *F* muß also während eines Auf- und Niederganges des Kolbens im Dampfcylinder einmal hin und her gedreht worden sein, und überdies muß die Umkehrung der Bewegung für Kolben und Steuerungswelle gleichzeitig eintreten. Dieser Zweck wird durch die Einrichtung des Schubrechens, den Fig. 126 und 127 im größeren Maßstabe darstellt, erreicht. Auf die Axe der Kurbel und des Schwungrades ist eine Kreisscheibe excentrisch befestigt. Auf dem Umfange derselben schleift ein Ring lose auf, und dieser ist mit einem

Digitized by Google

Gestänge verbunden, dessen Haken auf den an der Steuerungswelle F befestigten Hebel T aufgreift und auf ihm durch sein Gewicht erhalten wird. Dreht sich die Kurbelaxe einmal um, so erhält die Scheibe die zwei äußersten in Fig. 126 und 127 gezeichneten Stellungen. Während der

Fig. 126.

Fig. 127.

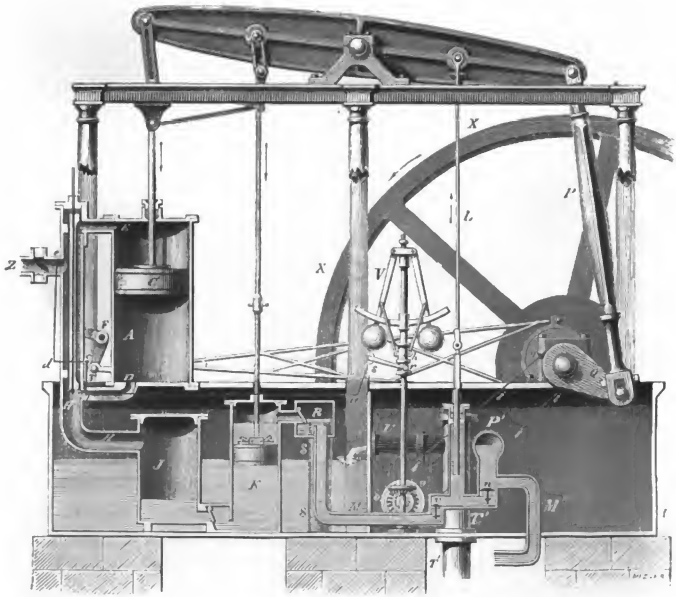
einen Hälfte der Axenumdrehung wird der Hebel T von der Stellung der Fig. 126 in die von Fig. 127 versetzt, während der anderen Hälfte derselben wieder in die Stellung von Fig. 126 zurückgeführt. Dieselbe Bewegung erhält aber auch der Hebel N, an dem sich die Stangen M befinden; während der einen Hälfte der Kurbelumdrehung zieht der Hebel N die Stangen M abwärts und senkt somit die Schieblade F, während der anderen Hälfte der Umdrehung findet das Entgegengesetzte Statt. Die Zeit einer Kurbelumdrehung fällt aber mit der Zeit eines Kolben-Auf- und Niederganges zusammen. Wenn der Kolben seinen höchsten Stand hat, ist die Schieblade so weit gehoben, daß die Dampfeinströmung über den Kolben beginnt; wenn der Kolben seinen tiefsten Stand erreicht hat, ist auch die Schieblade so tief gesenkt, daß die Dämpfe über den Kolben abgesperrt sind und unter denselben treten müssen.

Der Condensator F, Fig. 128, befindet sich in einem Raume, der Cisterne, dem durch die Pumpe T', die Kaltwasserpumpe, und das Rohr U kaltes Wasser zugeführt wird. Die Condensation der Dämpfe findet so schon an den kühlen Wänden des Condensators Statt, wird aber doch hauptsächlich dadurch bewirkt, daß das Cisternenwasser durch einen Hahn mit Brause in Form eines fein vertheilten Sprühregens fortwährend in das Innere des Condensators eintritt. Eine Saugpumpe

Digitized by Google

K, die Luftpumpe, entfernt das theils eingeſpritzte, theils aus den condenſirten Dämpfen entſtandene heiße Waſſer und führt es dem Reſervoir *R* zu, aus dem es zum größeren Theile durch die Röhre *S* abfließt, zum kleineren Theile durch das Rohr *M* unter eine Druckpumpe, die Warmwaſſerpumpe, gelangt, die es durch die Röhre *M'* der Speiſeröhre des

Fig. 128.



Dampfkeſſels zuführt. Die Kolben der Luftpumpe, Warmwaſſerpumpe und Kaltwaſſerpumpe hängen am Maſchinenbalken und werden durch ihn gehoben und geſenkt. Der Kolben der letztgenannten Pumpe iſt in der Zeichnung deshalb nicht ſichtbar, weil er durch denjenigen der Warmwaſſerpumpe *L* verdeckt iſt. Breite Klappenventile hindern den Rückfluß des Waſſers aus der Luftpumpe in den Condenſator und aus dem Reſervoir *R* in die Luftpumpe. Das Ventil *v* geſtattet dem Condenſationswaſſer nur den Zutritt zur Warmwaſſerpumpe, das Ventil *n* nur den Austritt in die Röhre *M'*.

Die Maſchine verrichtet aber nicht allein diejenigen Arbeiten ſelbſt,

Digitized by Google

durch welche den Dämpfen eine abwechselnde Wirkung auf beide Seiten des Kolbens im Dampfcylinder gestattet wird, sie ist auch noch mit einem Apparate *V*, Fig. 128, dem Regulator, versehen, der die Geschwindigkeit ihres Ganges gleichförmig erhält, wenn auch der Widerstand zu- und abnimmt, welcher der Bewegung der Kurbelaxe entgegensteht. Im Dampfeinströmungsrohre *Z* befindet sich nämlich eine bewegliche Klappe, von deren Stellung die Größe der Einströmungsöffnung und somit die Menge des einströmenden Dampfes abhängt. Ist augenblicklich ein ungewöhnlich großer Widerstand durch die Maschine zu überwinden, so muß durch die horizontal gestellte Klappe mehr Dampf in den Cylinder eingelassen und dadurch der Druck auf den Kolben vermehrt werden, bei einem augenblicklich verminderten Widerstande hingegen wird durch die mehr vertical gedrehte Klappe eine geringere Dampfmenge zur Wirkung auf den Kolben zugelassen, so daß der Kolben in beiden Fällen seinen Weg mit gewöhnlicher Geschwindigkeit zurücklegt, und die Kurbelaxe mit derselben Geschwindigkeit umgedreht wird. Der Zapfen der Klappe geht nun durch die Dampfröhre *Z* hindurch und ist mit einem Querarme versehen, der durch Eisenstangen mit den Winkelhaken *b c d* und *a s r* verbunden ist. Wird der Arm *s r* aufwärts gedreht, so wird die Klappe im Dampfrohre mehr geschlossen und umgekehrt. Der Arm *s r* greift aber mit seinem bei *r* gabelförmigen Ende zwischen zwei vorstehende Ränder der auf einer verticalen Eisenstange verschiebbaren Hülse *h*. Die Eisenstange selbst dreht sich um ihre Axe mit einer Geschwindigkeit, welche derjenigen der Kurbelaxe proportional ist, indem sie durch Verzahnung mit der Scheibe *o o* verkuppelt ist, und diese ihre Bewegung durch den Riemen *i i* von der Kurbelaxe erhält. Am Ende der Eisenstange hängen zwei eiserne Kugeln, durch Stäbe mit der Hülse *h* verbunden. Die Kugeln legen sich in der Ruhe an die Eisenstange an; sobald aber die Stange in Rotation versetzt wird, entfernen sie sich von ihr um so weiter, je rascher die Rotation erfolgt, und ziehen die Hülse *h* in die Höhe. Ueberschreitet nun die Geschwindigkeit der Kurbelaxe das gewöhnliche Maß, so wird mit der Hülse *h* der Hebel *s r* gehoben und dadurch die Klappe im Dampfrohre geschlossen; vermindert sich aber die Rotationsgeschwindigkeit der Kurbelaxe zu sehr, so fallen die Kugeln so weit zusammen, daß sich die Klappe mehr öffnet, und die Dämpfe reichlicher einströmen, somit auf den Kolben stärker drücken und ihn rascher bewegen können.

Digitized by Google

IV. Elektricität.

1. Elektrische Spannung.

§. 86. Reibt man eine trockene Glas- oder Harzstange mit Wollen- oder Seidenzeug, so erhält sie die Eigenschaft, leichte Körper, wie z. B. Papierschnitzeln, anzuziehen. Die Ursache dieser Anziehung nennt man Elektricität. Die Oberfläche des geriebenen Glases befindet sich im Zustande der elektrischen Spannung.

Hängt man eine kleine Kugel aus Kork oder Hollundermark an einem seidenen Faden auf (Fig. 129), so wird sie von der geriebenen Glasstange bis zur Berührung angezogen; aber nachdem die Berührung stattgefunden hatte, abgestoßen. Nähert man ihr nun die Hand, so findet eine Anziehung Statt, wie zwischen einer geriebenen Glasstange und der nicht elektrischen Kugel. Die Kugel ist also nach ihrer Berührung mit der Glasstange selbst elektrisch geworden, die Elektricität des Glases ist ihr während der Berührung mitgetheilt worden.

Fig. 129.

Ist die Kugel an einem leinenen Faden aufgehängt, und durch den metallenen Bügel des Stativs mit dem Boden in Verbindung gesetzt, so kann sie durch Berührung mit der Glasstange nicht bleibend elektrisirt werden, obgleich sie eben so wohl Elektricität von der Glasstange erhält, als bei dem ersten Versuche.

Der leinene Faden führt die der Kugel mitgetheilte Elektricität dem Boden zu, er ist ein Leiter der Elektricität; der seidene Faden hindert eine weitere Verbreitung der Elektricität, er ist ein Isolator. Zu den Leitern gehören vorzüglich die Metalle, lebendige Pflanzen und Thiere, feuchte Erde, viele Flüssigkeiten und Dünste; zu den Isolatoren gehören trockene Gase, Harze, Glas, Seide, Haare und Federn, und alle durchsichtigen

Digitized by Google

Edelsteine. Zwischen Leitern und Isolatoren giebt es aber keine feste Grenze, so daß man sachgemäßer gute Leiter und schlechte Leiter unterscheidet, zwischen denen die Halbleiter mitten inne stehen.

Isolirt man einen guten Leiter, legt man z. B. ein Metallstück auf eine Unterlage von Glas und theilt ihm Elektricität mit, so verbreitet sich die elektrische Spannung augenblicklich über seine ganze Oberfläche; verbindet man es wieder durch eine gute Leitung mit dem Boden, indem man es z. B. mit der Hand berührt, so verschwindet die elektrische Spannung völlig, auch von den Stellen der Oberfläche, die nicht berührt waren. Ein Isolator hingegen kann an einer Stelle stark elektrisch sein, an einer anderen ganz unelektrisch. Faßt man das eine Ende einer Glasstange mit der Hand, reibt das andere mit einem Seidentuche, so wird nur das geriebene Ende elektrisch. Zieht man eine elektrische Glasstange durch die Hand, so verschwindet die Elektricität nur so weit, als die Stange mit der Hand in Berührung gekommen war.

Positiv- und negativ-elektrische Spannung. — Elektroskope. §. 87.

Der im vorigen Paragraphen beschriebene Versuch hat gezeigt, daß elektrisirtes Glas und eine isolirt aufgehängte Korkkugel, nachdem ihr die Elektricität des Glases mitgetheilt war, sich gegenseitig abstoßen. Daraus darf aber nicht die allgemeine Regel abgeleitet werden, daß alle elektrisirte Körper sich gegenseitig abstießen. Vielmehr findet zwischen einer Korkkugel, welche durch Berührung mit einer Glasstange elektrisirt wurde, und zwischen einer geriebenen Harzstange (Siegellackstange) Anziehung Statt; und eben so wird die Korkkugel von der Glasstange angezogen, wenn sie vorher die Elektricität der geriebenen Harzstange erhalten hatte. Die Elektricität des geriebenen Glases und Harzes steht also in einer Art von Entgegengesetztheit. Man nennt die erste positive, die andere negative Elektricität. Das allgemeine Gesetz der Anziehung und Abstoßung elektrischer Körper lautet dann folgendermaßen: ungleichnamig elektrische Körper ziehen sich an, gleichnamig elektrische stoßen sich ab.

Fig. 130.

Auf diesem Gesetze beruhen diejenigen Vorrichtungen, die man anwendet, um die Anwesenheit elektrischer Spannungen auf irgend einem Körper nachzuweisen, die Elektroskope. Eine einfache Form derselben zeigt Fig. 130. Ein Metallstab geht isolirt durch die Fassung einer Glasglocke; an seinem oberen Ende ist eine Platte aufgeschraubt, am unteren hängen zwei Streifen Blattgold oder zwei sehr leicht bewegliche Strohhalme. Berührt man die Platte mit einem Körper, so fahren die Blättchen oder Strohhalme von einander, auch wenn der Körper nur schwach elektrisch war, indem sie durch

Digitized by Google

das leitende Metall beide mit seiner Elektricität versehen werden, und sich in Folge dessen abstoßen.

Welche Art der Elektricität ein Körper durch die Reibung erhält, hängt davon ab, womit man ihn reibt. In der folgenden Reihe wird jeder Stoff durch die Reibung mit einem über ihm stehenden negativ, mit einem unter ihm stehenden positiv elektrisirt.

Katzenfell	Seide
Fuchsschwanz	Siegellack
Polirtes Glas	Mattgeschliffenes Glas
Wolle	Metall
Papier	Schwefel

Das Glas zeigt, welchen Einfluß die Beschaffenheit der Oberfläche auf die Art der Elektricitätserregung ausübt; die Ordnung der Reihe wird aber auch noch durch andere scheinbar geringfügige Umstände, wie durch die Temperatur, abgeändert. Je weiter zwei Stoffe in der Reihe auseinanderstehen, desto stärker ist die Elektricitätsentwickelung bei der Reibung. Glas z. B. nimmt bei der Reibung mit Metall eine viel kräftigere Spannung an, als bei der mit Seide. Das passendste Reibzeug für Glas ist das sogenannte Kienmeyer'sche Amalgam, welches aus 2 Theilen Quecksilber, 1 Theil Zinn und 1 Theil Zink besteht.

§. 88. **Elektrisirmaschine.** Um eine elektrische Spannung von großer Stärke zu erzeugen, bedient man sich besonderer Vorrichtungen, der Elektrisirmaschinen. Ein Glascylinder oder eine Scheibe wird mit einer Axe und Kurbel versehen, so daß sie gedreht werden können und dabei an einem mit Kienmeyer'schem Amalgam überzogenen Lederkissen gerieben werden.

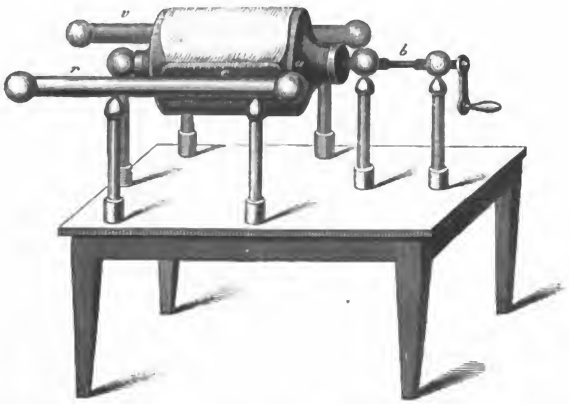
Wir wollen hier die Beschreibung einer Cylindermaschine, Fig. 131 (a. f. S.), geben. Der Glascylinder *a* ist an beiden Enden mit Fassungen versehen; darin steckt die Axe *b*, an deren Ende sich eine Kurbel befindet. Das Reibzeug *e* ist am horizontalen Cylinder *r* befestigt, dem ein ähnlicher Cylinder *v*, der Conductor, gegenübersteht. Der Conductor hat da, wo er dem Glascylinder am nächsten ist, eine scharfe Kante, ist wohl auch mit Saugspitzen versehen. Der Conductor, wie der Cylinder *r*, sind aus guten Leitern verfertigt. An das Reibzeug ist ein Stück Wachstafft angesetzt, welches den oberen Theil des Glascylinders vor der Berührung mit der feuchten Luft schützt. Die Axe des Glascylinders, der Conductor und das Reibzeug sind auf isolirende Glasfüße gesetzt, deren Oberfläche gewöhnlich noch mit Lack überzogen ist.

Dreht man den Glascylinder um seine Axe, so reibt er sich am Reibzeuge, und wird elektrisch. Die Elektricität seiner Oberfläche wird dem Conductor mitgetheilt; der Conductor erhält positiv-elektrische Spannung, gleichzeitig aber zeigt sich an dem mit dem Reibzeuge verbundenen Cylinder

Digitized by Google

eine negative Spannung; denn bei der Reibung, überhaupt bei jeder Er-

Fig 131.



regungsart elektrischer Spannung entwickelt sich gleichzeitig und in gleicher Menge positive und negative Elektricität. Läßt man das Reibzeug isolirt, so bleibt die Spannung des Conductors immer schwach, und die weitere Elektricitätsentwickelung hört bald auf; bringt man aber das Reibzeug in gut leitende Verbindung mit dem Boden, so nimmt der Conductor eine starke Spannung an, indem ihm fortwährend Elektricität zugeführt wird. Durch die leitende Verbindung mit dem Boden wird nämlich das Reibzeug immer wieder in den unelektrischen Zustand zurückgeführt, und kann sich so wie das Glas des Cylinders bei der Reibung von Neuem elektrisiren, während beides isolirt sehr bald das Maximum der Spannung erhält, welche es überhaupt durch die Reibung erhalten kann.

Der geladene Conductor der Maschine zeigt die elektrische Anziehung und Abstoßung in sehr erhöhtem Maßstabe. Nähert man ihm einen guten Leiter, so geht die Elektricität schon aus der Entfernung auf diesen über und der Uebergang ist mit einem glänzenden Funken und scharfem Geräusche verbunden. Beim Ueberschlagen des Funkens auf den eigenen Körper fühlt man eine stechende Empfindung an der Stelle, wohin der Funke traf. Läßt man den Funken auf einen erwärmten Löffel überschlagen, in welchem sich Schwefeläther befindet, so entzündet sich derselbe.

Setzt man eine Spitze auf den Conductor, so verliert er fast alle elektrische Spannung. Die Elektricität strömt aus der Spitze in die Luft, verursacht dabei einen starken Wind und bildet einen im Dunkeln sicht-

Digitized by Google

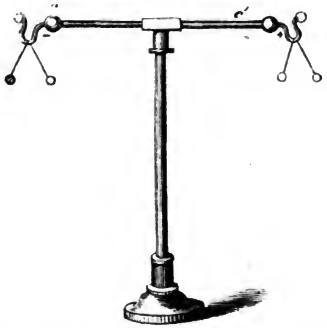
baren Lichtbüschel. Aehnlich wie Spitzen wirken aber schon scharfe Ecken und Kanten, die man deshalb am Conductor sorgfältig vermeidet. Die elektrische Spannung verbreitet sich nämlich nur dann gleichmäßig über die Oberfläche eines Leiters, wenn der Leiter die Form einer Kugel hat; ist er aber nach einer Richtung mehr ausgedehnt, als nach der anderen, so sammelt sich an den Stellen, die am weitesten von einander entfernt sind, die meiste Elektricität; läuft er nach einer Seite in eine Spitze aus, so strömt alle Elektricität nach dieser Spitze und erlangt bald eine solche Stärke, daß die Luft aufhört, für sie ein Isolator zu sein.

Die Wirkung aller Elektrisirmaschinen ist mancherlei Störungen ausgesetzt; am meisten ist sie von der Feuchtigkeit der Luft abhängig. Feuchte Luft gehört selbst unter die unvollkommenen Leiter und beschlägt überdies die isolirenden Glasfüße elektrischer Apparate mit einer leitenden Wasserschicht.

§. 89. **Elektrische Vertheilung.** Nähert man einen stark elektrisirten Körper einem guten Elektroskope, so bringt er die Blättchen desselben schon bei einer Entfernung von mehr als einem Fuße zum Divergiren; aber die Blättchen fallen wieder zusammen, wenn man den elektrischen Körper entfernt. Das Elektroskop giebt also Anzeigen von elektrischer Spannung, ehe irgend eine Mittheilung von Elektricität stattgefunden haben kann; die Anzeigen verschwinden aber gänzlich, sobald man den elektrisirten Körper aus der Nähe des Elektroskopes entfernt.

Zur weiteren Untersuchung dieser Erscheinung dient eine Metallstange *cc'*, Fig. 132, an deren Ende Hollundermarkkügelchen mit leinenen Fäden

Fig. 132.



befestigt sind, und welche auf einem isolirenden Glasfuße steht. Nähert man das Ende *c* dem Conductor einer Maschine, so divergiren beide Ku-

Digitized by Google

gelpaare; an beiden Enden der Stange ist also elektrische Spannung vorhanden, jedoch, wie im vorigen Beispiele, nur so lange, als sich die Stange in der Nähe des Conductors befindet. Um nun zu erfahren, welche Art der Elektricität es ist, die durch die bloße Nähe des geladenen Conductors erregt wird, hält man eine geriebene Glasstange unter und zwischen die Kügelchen bei *c*. Dadurch wird ihre Divergenz vermindert, indem sie von der Glasstange angezogen werden; ihre Elektricität muß demnach mit der des Glases ungleichnamig sein (vergl. §. 87), d. h. sie muß negativ sein. Die Elektricität der Kügelchen und das Ende der Stange *c'* ist hingegen positiv; denn eine zwischen sie gehaltene Glasstange vermehrt ihre Divergenz; sie stößt dieselben ab.

Die Stärke der elektrischen Spannung ist an den Enden am größten; sie nimmt gegen die Mitte hin ab und verschwindet hier gänzlich.

Die Art der Elektrisirung eines Leiters durch die Annäherung eines elektrischen Körpers ist also eine ganz andere, als diejenige durch Berührung. Ein Leiter, den man mit dem geladenen Conductor in Berührung gebracht hatte, zeigt auf seiner ganzen Oberfläche nur die Elektricität des Conductors, und behält diese, auch wenn man ihn vom Conductor entfernt. Auf der Oberfläche eines Leiters, den man blos in die Nähe des Conductors gebracht hat, entwickeln sich, so lange er in der Nähe des Conductors bleibt, gleichzeitig gleiche Quantitäten beider Arten der Elektricität; auf der einen Hälfte, die dem Conductor zugekehrt ist, zeigt sich die mit der Elektricität des Conductors ungleichnamige, auf der anderen Hälfte, die von ihm abgewendet ist, die gleichnamige Elektricität. Man nennt diese letzte Art der Elektrisirung die elektrische Vertheilung.

Die elektrische Vertheilung zeigt, daß beide Arten elektrischer Spannung schon in jedem nicht elektrischen Körper vorhanden sind, und daß es, um zu elektrisiren, blos nöthig ist, die eine Art der Spannung zu entfernen. Dies geschieht auch bei der Elektricitätserregung durch Reibung; auch hier hat man eine Vertheilungserscheinung; der geriebene Körper erhält die eine, das Reibzeug die andere Art der Elektricität. Treten beide Elektricitätsarten in gleicher Menge zusammen, so entsteht wieder der nicht elektrische Zustand.

Die Elektricität, welche durch Vertheilung an dem gegen den geladenen Conductor gewendeten Ende eines Leiters erregt worden ist, kann durch Berührung mit einem anderen Leiter selbst durch leitende Verbindung mit dem Boden nicht entfernt werden; denn dieser andere Leiter tritt ebenfalls in den Zustand der Vertheilung. Nähert man Leiter und Conductor, so schlägt bei einem mit der Ladung des Conductors zunehmenden Zwischenraume ein Funken über, indem sich die Elektricität des Conductors mit

Digitized by Google

der ungleichnamigen durch Vertheilung auf dem Leiter erregten Elektricität verbindet. Die Luft ist nämlich kein absoluter Isolator, sondern vermittelt die Vereinigung ungleichnamiger Spannungen um so leichter, je stärker diese sind. War der Leiter isolirt, wie in Fig. 132, so zeigt er nach dem Ueberschlagen des Funkens die mit dem Conductor gleichnamige Elektricität, indem die früher durch Vertheilung nur an seinem abgewendeten Ende erregte Spannung allein übrig bleibt und sich über seine ganze Oberfläche verbreitet. Jeder Mittheilung von Elektricität durch das Ueberschlagen von Funken geht also eine Vertheilung voraus; diese Mittheilung der Elektricität beruht eben so gut auf Vertheilung als ihre Erregung überhaupt.

§. 90. **Gebundene Elektricität. — Elektrische Flasche.** Versieht man die beiden Flächen einer etwa einen Quadratfuß großen Glastafel bis auf einen etwa drei Zoll breiten Rand, mit metallischen Belegungen, indem man sie mit dünn gewalztem Zinn (Stanniol) überklebt, so hat man eine sogenannte Franklin'sche Tafel. Fig. 133.

Fig. 133.

Theilt man der vorderen Belegung Elektricität mit, so wirkt diese durch das Glas hindurch vertheilend auf die hintere Belegung. Ist die der vorderen Belegung mitgetheilte Elektricität positiv, so sammelt sich an der am Glase anliegenden Seite der hinteren Belegung negative Elektricität, auf der anderen positive. Auf einen genäherten Leiter schlagen aus der hinteren Belegung Funken über; dabei aber und selbst bei der Berührung kann dieser Belegung nur ihre positive Spannung entzogen werden, die negative Spannung kann wie bei dem im vorigen §. besprochenen Falle nicht abgeleitet werden, man nennt sie deshalb gebundene Elektricität.

Führt man der vorderen Belegung längere Zeit positive Elektricität zu, während man die hintere Belegung ableitend berührt, so steigert sich durch gegenseitige Vertheilung und Bindung die Spannung beiderseits bis zu einem hohen Grade.

Die elektrische Spannung auf der vorderen Belegung der Franklin'schen Tafel, von welcher die vertheilende und bindende Wirkung ausgeht, ist jedoch stets stärker, als die gebundene der hinteren Belegung, welche durch Vertheilung erregt wurde. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man zwei gleiche Hollundermarkkügelchen an Fäden vor die Belegungen hängt (Fig. 134), in-

Digitized by Google

dem man sie etwa mit Wachs festklebt. Die Abstoßung von der Vorderfläche ist dann stets stärker, als die von der Hinterfläche.

Fig. 134.

Berührt man die vordere Belegung ableitend mit dem Boden, so entweicht nur ein Theil ihrer elektrischen Spannung; der andere zurückbleibende Theil derselben, welcher durch die ungleichnamige Elektricität der hinteren Belegung gebunden wird, hat eine in demselben Verhältnisse schwächere Spannung, als die hintere Belegung, in welchem vor der Berührung die Spannung der vorderen Belegung stärker war, als diejenige der hinteren.

Durch abwechselnde Berührung der beiden Belegungen wird die elektrische Ladung der Tafel nur langsam aufgehoben. Verbindet man aber beide Belegungen leitend mit einander, so vereinigen sich ihre ungleichnamigen Elektricitäten mit einem Male.

Von der Franklin'schen Tafel ist die Leydner oder Kleist'sche Flasche,

Fig. 135.

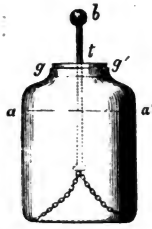


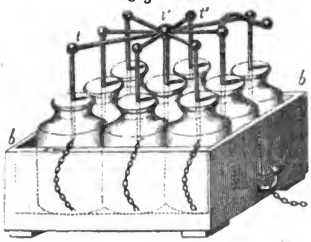
Fig. 135, nur der Form nach verschieden. Sie ist auf der Innen- und Außenseite bis (aa') einige Zoll vom oberen Rande mit Stanniol belegt. Der Draht t geht durch den lackirten Deckel gg' hindurch und steht durch metallische Kettchen mit der inneren Belegung in Verbindung.

Um die Flasche mit Elektricität zu versehen, um sie zu laden, wird dem Knopfe b und somit der inneren Belegung Elektricität zugeführt, während die äußere Belegung durch eine gute Leitung mit dem Boden verbunden ist. Die Elektricität der inneren Belegung wirkt vertheilend auf die äußere Belegung: die durch Vertheilung auf der äußeren Belegung erregte ungleichnamige Elektricität wird gebunden, die gleichnamige, wie bei der Franklin'schen Tafel, in den Boden abgeleitet.

Die Leydner Flasche dient als das vorzüglichste Verstärkungsmittel des elektrischen Funkens. Verbindet man die äußere Belegung mit einem guten Leiter und nähert dessen Ende dem Knopfe der Flasche, so findet die Vereinigung der ungleichnamigen Spannungen auf beiden Belegungen, die Entladung der Flasche schon durch eine Luftschicht Statt, unter Erscheinung eines glänzenden und knallenden Funkens. Je stärker die Ladung der Flasche war, desto dicker ist die Luftschicht, welche der Entladungsfunke durchbricht. Um die Ladung zu verstärken, muß man den Belegungen große Ausdehnung geben, d. h. große Flaschen nehmen, oder mehrere Flaschen zur Batterie, Fig. 136, zusammenstellen, indem man ihre

Digitized by Google

Fig. 136.



inneren und äußeren Belegungen unter sich leitend verbindet.

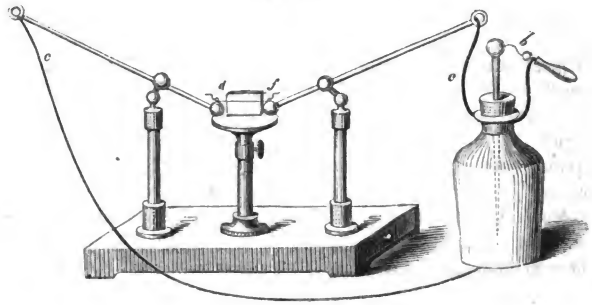
Schlechte Leiter und Halbleiter, welche in den Entladungsbogen eingeschaltet sind, werden bei der Entladung durchbohrt, auch wohl zertrümmert. Schon mit Hülfe kleiner Flaschen kann man Löcher in Kartenblätter schlagen. Durch starke Batterieschläge werden halbzöllige Bretter, Glastafeln und dergleichen durchbohrt. Auch gute Leiter können bei zu geringem Querschnitt die Entladung nicht aushalten; sie werden verbogen und zerknickt, sogar in den feinsten Metallstaub verwandelt.

Auf alle Theile des Entladungsbogens übt die Entladung einen erwärmenden Einfluß aus. Dünne Metalldrähte kommen leicht zum Glühen. Das Erscheinen des elektrischen Funkens selbst beruht auf dem Erglühen der Lufttheilchen, welche im Wege der Entladung liegen. Gemenge von Gasen, z. B. Sauerstoffgas und Wasserstoffgas, die sich bei höherer Temperatur chemisch verbinden, werden auch durch den elektrischen Funken zur chemischen Verbindung veranlaßt.

Führt man die Entladung durch den menschlichen Körper, so wird eine eigenthümliche Erschütterung gefühlt. Eine Reihe von Menschen, die sich an den Händen festfassen, fühlen diese Erschütterung gleichzeitig. Je nach der Stärke der Ladung ist die Empfindung auf die Vorderarme beschränkt oder bis in die Brust fühlbar. Man muß sich aber bei dergleichen Versuchen etwas in Acht nehmen, denn starke Schläge verursachen einen gefährlichen Nervenreiz. Kleine Thiere, wie Vögel und Kaninchen, werden schon durch schwache Ladungen getödtet.

Um die Entladung bequem zu bewirken, bedient man sich der Vorrichtung, welche in Fig. 137 abgebildet ist. Zwei einerseits in Knöpfen, an-

Fig. 137.



Digitized by Google

dererseits in Oehsen endigende Metallstäbe sind durch Glasfüße isolirt. Zwischen die Knöpfe *d* und *f* und auf ein isolirtes Tischchen kommt der Gegenstand, durch welchen die Entladung hindurchgeführt werden soll. Die äußere Belegung ist mit dem einen Stabe durch die Leitung *c* verbunden; der andere Stab ist mit einer Leitung *c'* versehen, die im Knopfe *b* endigt. Dieser Knopf kann mittelst eines isolirten Griffes dem Knopfe der Flasche so weit genähert werden, daß die Entladung stattfindet.

2. Elektrischer Strom.

§. 91. Elektrische Spannungen werden auch schon durch bloße Berührung verschiedenartiger Körper erregt. Legt man z. B. eine Kupferplatte auf eine Zinkplatte, so wird die erste positiv elektrisch, die andere negativ elektrisch. Diese durch Berührung erzeugte Elektricität wird sogleich wieder hervorgerufen, wie man sie abgeleitet hat. Ihre Spannung ist jedoch in den meisten Fällen so schwach, daß sie durch die §. 87. beschriebenen Elektroskope nicht nachgewiesen werden kann, wenn nicht vorher eigenthümliche Verstärkungs- oder Ansammlungsmittel angewendet waren. Am stärksten wird die Spannung, wenn man zwei starre Stoffe in eine Flüssigkeit taucht, z. B. Zink und Kupfer in Schwefelsäure. Die Flüssigkeit wird dabei gewöhnlich chemisch zersetzt und stellt nicht blos eine elektrische Leitung zwischen den starren Stoffen her, sondern wirkt zugleich kräftig erregend, wenn auch häufig in einem anderen Sinne, als es durch die Berührung starrer Stoffe unter sich geschieht.

Fig. 138.

§. 92. **Volta'sche Säule oder Kette.** Reiht man paarweise zwei starre Elektricitätserreger mit flüssigen Zwischenschichten in derselben Ordnung an einander, so erhält man die Volta'sche Säule oder Kette, an deren Enden eine um so stärkere Spannung wahrgenommen wird, je mehr Erregerpaare in der Säule vereinigt sind. Die Enden der Volta'schen Säule, an denen sich die elektrische Spannung am stärksten zeigt, heißen ihre Pole; derjenige, von welchem positive Elektricität abgeleitet werden kann, der positive Pol, der andere der negative Pol.

Die älteste Einrichtung der Volta'schen Säule (Fig. 138), welche von Volta selbst herrührt, ist folgende. Glatte und blanke Kupfer- und Zinkscheiben, gewöhnlich von runder Form, sind auf

Digitized by Google

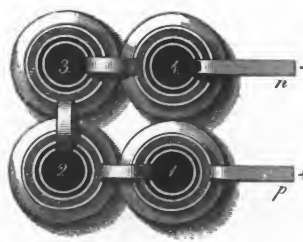
einem Fußgestelle von gefirnißtem Holze zwischen Glasstäben aufgeschichtet; zwischen je zwei Plattenpaare ist eine mit verdünnter Schwefelsäure, Salmiaklösung oder dergl. getränkte Filz-, Tuch- oder Pappscheibe eingeschaltet, so daß die einzelnen Elemente auf einander folgen in der Ordnung: Kupfer, Zink, feuchte Scheibe, Kupfer, Zink, feuchte Scheibe, Kupfer u. s. w. Das Ende, wo sich Zink befindet, bildet den positiven, dasjenige, wo sich Kupfer befindet, den negativen Pol.

Später hat man die Einrichtung in mannichfaltiger Weise abgeändert und zu einer kräftigen Wirkung gebracht. Diejenige Einrichtung, welche sowohl hinsichtlich ihrer Leistungen, als auch hinsichtlich ihres bequemen Gebrauches und der Wohlfeilheit der Anschaffung am meisten empfohlen zu werden verdient, ist der Bunsen'sche Apparat, in welchem Zink, Schwefelsäure, Salpetersäure und Kohle vereinigt sind. Das Zinkelement *c*, Fig. 139,

Fig. 139.

ist ein Cylinder, der durch den Bügel *b* und den Ring *a* mit dem Kohlencylinder zusammenhängt. Die Oberfläche des Zinkcylinders wird mit einer dünnen Schicht von Zinkamalgam überzogen, indem man sie gleichzeitig mit Schwefelsäure und einigen Tropfen Quecksilber einreibt. Der Ring *a* umfaßt den hohlen Kohlencylinder, dessen Masse aus gepulverten Coaks (ausgeglühter Steinkohle) und gepulverter fetter Steinkohle, durch schwaches Ausglühen, Tränken mit Zuckerlösung und nachheriges starkes Glühen bereitet ist. Der Kohlencylinder wird in ein Glasgefäß gestellt und ist mit Salpetersäure umgeben. Im Kohlencylinder befindet sich zunächst ein cylindrischer Becher aus verglühter Porzellanerde, und dieser nimmt den Zinkcylinder auf und wird mit Schwefelsäure gefüllt. Die verglühte Porzellanerde ist so porös, daß Salpetersäure und Schwefelsäure

Fig. 140.



zwar in ihr sich mischen und mit einander communiciren, aber doch nicht zusammenfließen. Die Anordnung des Ganzen zeigt Fig. 140 von oben. In den einzelnen Glasgefäßen sieht man drei Ringe in einander; der äußerste stellt den Kohlencylinder vor, der mittlere den Porzellanbecher, der innere den Zinkcylinder. Der Kohlencylinder im ersten Gefäße ist mit einem

Digitized by Google

Metallringe und Ansatze versehen, der als positiver Pol dient, ebenso der Zinkcylinder im vierten Gefäße, der den negativen Pol bildet. Vom Zink des ersten Gefäßes geht die Leitung durch den Metallbügel zu der Kohle des zweiten Gefäßes u. s. f. In gleicher Weise kann auch eine größere Zahl von Elementen zur Kette vereinigt werden.

Der Vorzug der neueren Ketten vor den älteren Säulen beruht, abgesehen von der größeren Stärke, hauptsächlich in der längeren Dauer und in der Gleichmäßigkeit der Wirkung.

Elektrischer Strom. Die Spannung, welche sich an den Enden §. 93.
einer Säule oder Kette entwickelt, ist gegen diejenige eines geladenen Conductors gering, übrigens in keiner Weise davon verschieden. Verbindet man die Pole durch einen guten Leiter, so erscheint vor der Berührung und unmittelbar nach deren Aufhebung ein glänzender Funke. Läßt man den Funken auf Blattgold, Silber, Zinn oder dergleichen überschlagen, so wird dieses bis zum Zerstieben erhitzt. Berührt man gleichzeitig beide Pole mit den Händen, so empfindet man im Moment der Berührung einen Nervenreiz von etwas anderer und unangenehmerer Art, als bei der Entladung einer Leydner Flasche, der sich, wenn auch schwächer, bei der Aufhebung der Berührung wiederholt.

Hat man die Pole durch eine Leitung verbunden, so nennt man die Kette *geschlossen*. Der Zustand im Schließungsbogen der Kette ist aber ein ganz anderer, als derjenige im Entladungsbogen der Flasche (vergl. §. 90). Im ersten ist die Ausgleichung ungleichnamig-elektrischer Spannungen fortwährend, im anderen augenblicklich; denn durch die Berührung der Kettenelemente wird fortwährend elektrische Spannung von Neuem erregt und fließt gleichsam in der Schließung mit einander zusammen oder erzeugt, wie man sich bildlich ausdrückt, einen *elektrischen Strom*.

Ein Leiter, in dem ein Strom thätig ist, wird stets erwärmt; die Erwärmung steigert sich bei dünnen Drahtleitungen und kräftigen Ketten bis zum Glühen, Schmelzen und Versprühen.

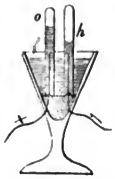
Unter den mancherlei anderen Wirkungen des Stromes haben wir hier nur noch seine chemische Wirkung hervorzuheben. Jede Flüssigkeit, welche den Strom leitet und chemisch zusammengesetzt ist, wird durch denselben zersetzt.

Das Eigenthümliche dieser elektrochemischen Zersetzung besteht darin, daß die Zersetzungsproducte sich nicht an einer Stelle zeigen, sondern nach entgegengesetzten Richtungen wandern, nach den Stellen, wo die Leitung zum positiven und negativen Pole der Kette geht, oder wenn man diese Zuleitungen als bloße Verlängerungen der Polflächen ansieht, nach den Polen.

Digitized by Google

Um Wasser durch den Strom leicht zu zersetzen, setzt man ihm etwas Schwefelsäure zu und macht es dadurch leitender. Bei dem einfachen Apparate, Fig. 141, sind die Poldrähte (*f* und *f'*) von Platin in den Boden eines Glasgefäßes eingeschmolzen und gehen, getrennt von einander, unter die Glasglöckchen *o* und *h*. Sobald der Strom eintritt, steigen von den Platindrähten Gasbläschen auf, von dem positiven Poldrahte Sauerstoffgas, von dem negativen Wasserstoffgas.

Fig. 141.



Auch viele Salzlösungen können leicht in ihre Bestandtheile zersetzt werden. Füllt man eine gebogene Glasröhre, Fig. 142, mit Glaubersalzlösung, welche durch Lackmustinctur blau gefärbt ist, und senkt die Poldrähte bis zur Biegung ein, so entwickeln sich an beiden Drähten Gasblasen, und zugleich färbt sich die Hälfte der Flüssigkeit, in welche der positive Poldraht eingetaucht ist, roth. Das Wasser, welches als Auflösungsmittel diente, und das aufgelöste Glaubersalz werden hier gleichzeitig zersetzt. Am negativen Drahte tritt der Wasserstoff des Wassers und das Natron des Glaubersalzes auf, am positiven der Sauerstoff des Wassers und die Schwefelsäure des Glaubersalzes, und diese letztere verändert die blaue Farbe des Lackmus in Roth.

Fig. 142.

Die Art der elektrochemischen Zersetzung ist indeß nicht immer so einfach, wie in den angeführten Beispielen, indem die Zersetzungsproducte häufig entweder unter sich, oder mit dem Stoffe der Poldrähte chemische Verbindungen eingehen.

Man nennt denjenigen Bestandtheil einer chemischen Verbindung, der bei der elektrochemischen Zersetzung am positiven oder negativen Pol auftritt, den negativen oder positiven, sauren oder basischen Bestandtheil, nennt z. B. das Natron im Glaubersalze eine Basis, den anderen Bestandtheil, die Schwefelsäure, eine Säure, und überträgt diese Namen auch auf die Fälle, welche durch den Versuch nicht unmittelbar entschieden werden können, weil keine Leitung des elektrischen Stromes oder keine Zersetzung stattfindet.

§. 94. **Schlußbemerkung.** Wir haben in dem vorhergehenden Paragraphen über Elektricität in der Kürze die Sätze hervorgehoben, welche in einer bestimmten Beziehung zu solchen Erscheinungen stehen, die in den späteren Abschnitten Erwähnung finden. Wir werden nicht unterlassen, anzugeben, wo die Elektricität in den Kreis der Erscheinungen tritt, welche die Landwirthschaft und der Pflanzenbau überhaupt darbietet; müssen

Digitized by Google

aber schon jetzt eine warnende Bemerkung aussprechen. Man hat die Elektricität häufig als Ursache herbeigezogen, wo man eben keine andere Ursache anzugeben wußte, oder wo der Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung etwas Räthselhaftes an sich trug. Weil die Elektricität selbst Vieles umfaßt, dessen Zusammenhang räthselhaft erscheint, glaubte man alle physikalischen Räthsel in ihr Gebiet schieben zu dürfen. Die Räthsel in der Elektricitätslehre sind aber nur für den Unkundigen größer, als diejenigen, deren Lösung in anderen Lehren verlangt wird. Sie fallen allerdings mehr in die Augen und ziehen die Aufmerksamkeit eher auf sich. Zu viel erklären zu wollen, willkürlich Voraussetzungen und Vermuthungen in die Erklärung einzumischen, ist aber eine eben solche Gedankenschwäche, als sich gar nicht um die Ursache der Erscheinungen zu bekümmern.

Digitized by Google

Zweiter Abſchnitt.

Anorganiſche Chemie.

I. Chemiſche Verhältniſſe der Stoffe im Allgemeinen.

§. 95. **Chemiſche Verwandtſchaftskraft.** Die chemiſche Verbindung gehört zu den Durchdringungserſcheinungen, deren phyſikaliſche Verhältniſſe in §. 52 bis 57 beſprochen worden ſind. Mit Hinweiſung auf das dort Geſagte wiederholen wir als Ausgangspunkte unſerer jetzigen Betrachtungen nur folgende zwei Sätze.

Erſtens: Wenn ſich zwei Stoffe chemiſch mit einander verbinden, ſo entſteht eine völlig gleichartige Maſſe mit neuen Eigenſchaften, die den Beſtandtheilen der Verbindung gewöhnlich fremd waren. So geht das tropfbar-flüſſige Waſſer aus der Verbindung zweier Gaſe, des Sauerſtoffgaſes und Waſſerſtoffgaſes hervor.

Zweitens: Eine chemiſche Verbindung zwiſchen zwei Stoffen kann nur dann eintreten, wenn wenigſtens einer von ihnen flüſſig iſt. Reibt man z. B. feines Schwefelpulver (Schwefelblumen) mit recht feinen Feilſpähnen von Eiſen zuſammen, ſo erhält man ein zwar ſcheinbar gleichförmiges Pulver, in welchem ſich aber mit Hülfe eines gehörig vergrößernden Mikroſkopes Schwefel und Metall neben einander erkennen laſſen, und aus welchem das Metall unter Zurücklaſſung von reinem Schwefelpulver durch verdünnte Säuren aufgelöſt wird, unter denſelben Umſtänden wie reines Metall. Durch das Zuſammenreiben iſt alſo Schwefel und Eiſen nur gleichförmig gemengt worden, aber die feinen Theile des einen liegen getrennt neben denen des anderen. Beide verbinden ſich chemiſch, erſt nachdem man die Mengung ſo weit erhitzt hat, daß der Schwefel geſchmolzen iſt, zu einer gleichartigen Maſſe, auf welche Säuren anders einwirken, als auf Eiſen und Schwefel einzeln.

Die Urſache chemiſcher Verbindungen heißt *chemiſche Verwandt-*

Digitized by Google

schaftskraft oder Affinität. Die Stärke, mit welcher diese Kraft wirkt, ist zunächst abhängig von der Temperatur.

Häufig ist eine Temperaturerhöhung nothwendig, wenn chemische Verbindung eintreten soll. So bleibt blankes Eisen in trockener Luft und bei gewöhnlicher Temperatur unverändert, rostet aber in der Glühhitze, indem es sich mit dem Sauerstoffe der Luft verbindet. Wasserstoffgas und Sauerstoffgas lösen sich bei gewöhnlicher Temperatur in einander, verbinden sich aber erst chemisch zu Wasser, wenn sie an irgend einer Stelle bis zur Glühhitze der Metalle erwärmt worden sind.

Wie aber in den eben genannten Fällen die chemische Verwandtschaft zwischen zwei Stoffen erst bei höherer Temperatur so stark wird, daß ihre Verbindung stattfindet, also mit der Temperatur an Stärke zunimmt, so zeigt sich in anderen Fällen das Gegentheil. Reine Kalkerde, sogenannter gebrannter oder ätzender Kalk, zieht aus der Luft Kohlensäure an und verwandelt sich ziemlich rasch in kohlensaure Kalkerde, in eine Verbindung von derselben Zusammensetzung, wie der gemeine Kalk. Erhitzt man jedoch gemeinen Kalk bis zur Weißgluth, so entweicht die Kohlensäure als Gas; die Verbindung von Kohlensäure und Kalkerde wird wieder getrennt, unter Zurücklassung von reiner Kalkerde. Ein ähnliches Beispiel liefern die edlen Metalle, wie Gold und Silber, in ihrem Verhalten zum Sauerstoff; ihre starren Verbindungen mit demselben, ihre Oxyde, werden in der Glühhitze zersetzt, unter Entwickelung von Sauerstoff und Zurücklassung von reguliniſchem Metall.

Verbindungen mehrerer Bestandtheile zerfallen in der Wärme mitunter so, daß die Bestandtheile sich nicht vollständig trennen, sondern nur anders anordnen. So ist das Kali eine Verbindung von Kalium und Sauerstoff, die Chlorsäure eine Verbindung von Chlor und Sauerstoff; Kali und Chlorsäure verbinden sich zu einem weißen Salze, dem chlorsauren Kali oder Berthollet'schen Knallsalze. Erhitzt man dieses Salz über seine Schmelzhitze, so entweicht aller Sauerstoff als Gas, und eine Verbindung von Kalium mit Chlor bleibt zurück.

Die Stärke der chemischen Verwandtschaftskraft ist aber ferner sehr verschieden nach Verschiedenheit der Stoffe.

Die Kalkerde verbindet sich sehr leicht mit Kohlensäure, Essigsäure oder Schwefelsäure zu kohlensaurer, essigsaurer oder schwefelsaurer Kalkerde. Uebergießt man kohlensaure Kalkerde mit Essigsäure, so entsteht unter Aufschäumen Kohlensäuregas und essigsaure Kalkerde. Die Verwandtschaft zwischen Essigsäure und Kalkerde ist also stärker, als die zwischen Kohlensäure und Kalkerde. Dieselbe wird aber wieder überwogen durch diejenige der Schwefelsäure; denn die essigsaure Kalkerde wird durch die Schwefelsäure zersetzt zu schwefelsaurer Kalkerde und Essigsäure.

Digitized by Google

§. 96. **Chemische Zersetzung.** Die Verschiedenheit der Stärke, mit welcher die Bestandtheile einer Verbindung durch chemische Verwandtschaft zusammengehalten werden, bietet das vorzüglichste Mittel, Verbindungen zu lösen oder umzuformen. Man unterscheidet drei Arten der Zersetzung durch Gegenwirkung einer Verwandtschaft gegen eine andere, der Zersetzung durch Wahlverwandtschaft.

1. Eine Zersetzung findet durch einfache Wahlverwandtschaft Statt, wenn die Verbindung zweier Stoffe durch das Hinzutreten eines dritten in der Weise aufgehoben wird, daß sich der hinzutretende Stoff mit einem der vorher verbundenen vereinigt.

Die Zersetzung findet nach dem Schema Statt: $A + B$ mit C zusammengebracht, geben $A + C$ und scheiden B aus.

Ein Beispiel dieses sehr häufigen Falles giebt die gewöhnliche Bereitungsweise der Salpetersäure. Salpetersaures Kali wird mit Schwefelsäure übergossen und erwärmt. Das Kali, mit der Schwefelsäure verbunden, bleibt zurück, die Salpetersäure entweicht als Dampf.

2. Eine Zersetzung wird veranlaßt, durch doppelte Wahlverwandtschaft, wenn zwei Stoffe, von denen jeder aus zwei Theilen besteht, ihre Bestandtheile gegenseitig austauschen.

Das Schema dieser Zersetzungsweise ist: $A + B$, mit $C + D$ zusammengebracht, geben $A + C$ und $B + D$.

Eine Zersetzung der Art findet bei der Bereitung des gewöhnlichen Salpeters aus sogenanntem Kalksalpeter Statt. Der Kalksalpeter besteht aus Kalkerde und Salpetersäure, die Pottasche aus Kali und Kohlensäure. Versetzt man eine Lösung von Kalksalpeter mit Pottaschenlösung, so scheidet sich sogleich Kalk (Kalkerde und Kohlensäure) aus und Salpeter (Salpetersäure und Kali) bleibt aufgelöst.

3) Eine Zersetzung wird eingeleitet durch prädisponirende Wahlverwandtschaft, wenn ein Stoff den einen Bestandtheil einer Verbindung nur durch Vermittelung eines dritten Stoffes an sich ziehen kann, der selbst mit der neuen Verbindung zusammentritt.

Das Schema dieser Zersetzung ist folgendes. A zersetzt für sich nicht die Verbindung $B + C$, wohl aber bildet sich die Verbindung $A + B$, und C wird ausgeschieden, wenn ein dritter Stoff D hinzukommt, der zu der Verbindung $A + B$ eine starke Verwandtschaft hat. Aus A, $B + C$, und D entsteht also $A + B + D$ und C.

Durch prädisponirende Verwandtschaft wird aus Wasser, Zinkspähnen und Schwefelsäure Wasserstoffgas und schwefelsaures Zinkoxyd. Das Wasser besteht nämlich aus Wasserstoff und Sauerstoff; der Sauerstoff wird ihm durch bloßes Zink nicht entzogen und zu Zinkoxyd damit verbunden; die

Digitized by Google

Zerſetzung des Waſſers tritt aber ſogleich ein, wenn Schwefelſäure hinzukommt, die ſich mit Zinkoxyd vereinigt.

Neben der Wahlverwandtſchaft iſt auch *Temperaturveränderung* ein kräftiges Zerſetzungsmittel chemiſcher Verbindungen.

Chemiſche Elemente. Faſt alle Stoffe, die ſich an der Erdoberfläche §. 97.
und unter ihr finden, ſind chemiſch zuſammengeſetzt. Es iſt aber der fein ausgebildeten Experimentirkunſt der neueren Chemie gelungen, aus der ſehr großen Zahl chemiſcher Verbindungen eine verhältnißmäßig ſehr kleine Zahl von ſolchen Stoffen auszuſcheiden, die nicht weiter in verſchiedenartige chemiſche Beſtandtheile zerlegt werden können. Dieſe Stoffe nennt man *chemiſche Grund-* oder *Elementarſtoffe* oder ſchlechthin *chemiſche Elemente*. Die Namen derſelben ſind folgende:

1. Sauerſtoff
2. Waſſerſtoff
3. Stickſtoff
4. Kohlenſtoff
5. Schwefel
6. Selen
7. Phosphor
8. Bor
9. Silicium
10. Chlor
11. Jod
12. Brom
13. Fluor
14. Kalium
15. Natrium
16. Lithium
17. Baryum
18. Strontium
19. Calcium
20. Magneſium
21. Aluminium
22. Beryllium
23. Zirkonium
24. Norium
25. Thorium
26. Yttrium
27. Erbium
28. Terbium
29. Cerium
30. Lanthan
31. Didymium
32. Mangan
33. Eiſen
34. Zink
35. Cadmium
36. Kobalt
37. Nickel
38. Kupfer
39. Wismuth
40. Blei
41. Zinn
42. Uran
43. Arſenik
44. Antimon
45. Chrom
46. Vanadin
47. Molybdän
48. Wolfram
49. Tantal
50. Niobium
51. Pelopium
52. Tellur
53. Titan
54. Osmium
55. Queckſilber
56. Silber
57. Gold
58. Platin

Digitized by Google

59. Palladium 61. Ruthenium
60. Rhodium 62. Iridium.

Von diesen chemischen Elementen finden sich nur wenig isolirt in der Natur, nämlich Sauerstoff und Stickstoff in der Atmosphäre, Kohlenstoff als Graphit und Diamant, ferner Schwefel, Kupfer, Wismuth, Arsenik, Antimon, Quecksilber, Silber, Gold, Platin, Iridium, Tellur. Die verbreitetsten unter den Elementen sind Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Kohlenstoff, Schwefel, Silicium, Chlor, Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Aluminium, Eisen und Mangan; aus ihnen besteht fast ausschließlich die unseren Forschungen zugängliche und uns bekannte Erdkruste. Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff, Schwefel und Phosphor sind die wesentlichen Elemente der pflanzlichen und thierischen Stoffe. Einige Elemente sind in so wenigen und seltenen Stoffen vorhanden, daß es nur wenigen Chemikern vergönnt war, Versuche damit anzustellen, und daß ihre Eigenschaften und Verbindungen noch mangelhaft erforscht werden konnten. Dahin gehören vorzüglich: Zirkonium, Norium, Thorium, Yttrium, Erbium, Terbium, Cerium, Lanthan, Didymium, Vanadin, Tantal, Niobium, Pelopium und Ruthenium. Das Fluor ist blos mittelbar aus seinen Verbindungen bekannt; bis jetzt konnte es noch nicht isolirt dargestellt werden.

Gewöhnlich theilt man die Elemente ein in Metalloïde und Metalle. Zu den Metalloïden gehören die 13 ersten der Reihe, zu den Metallen die übrigen. Die Metalloide sind schlechte Leiter für Wärme und Elektricität, die Metalle gute Leiter für beides. Im äußeren Aussehen haben die Metalloïde nichts Gemeinschaftliches; die Metalle zeichnen sich alle durch einen eigenthümlichen Glanz aus und sind undurchsichtig.

§. 98. **Anorganische und organische Stoffe.** Alle Stoffe werden naturgemäß eingetheilt in anorganische und organische. So leicht aber dieser Unterschied im einzelnen Falle aufzufassen ist, wenn man einen anorganischen Stoff, z. B. irgend ein Mineral, mit einem organischen, z. B. mit Stärkemehl, zusammenhält, so schwierig ist es, ein allgemein gültiges Unterscheidungszeichen anzugeben, ohne auf die Gruppirung der Elemente in ihren Verbindungen Rücksicht zu nehmen. Man darf nicht behaupten, organische Stoffe seien alle Stoffe, die sich in einem Organismus bilden; denn es giebt viele Ausscheidungen aus pflanzlichen und thierischen Säften, die rein anorganische Verbindungen sind, wie viele Krystalle in den Pflanzenzellen, der unverbrennliche Theil der thierischen Knochen u. dgl. mehr (vergl. §. 37). Das bloße Vorkommen entscheidet also nicht, und ebenso wenig der Umstand, ob ein Stoff künstlich,

Digitized by Google

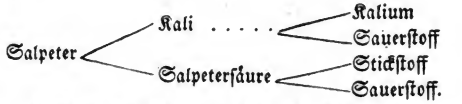
d. h. willkürlich aus den Elementen zuſammengeſetzt werden kann. Allerdings liegt es entſchieden nicht im Bereiche der Möglichkeit, einen organiſchen Stoff, wie den Zellſtoff, direct aus ſeinen Elementen in ſeinen gewöhnlichen, dem Organismus eigenthümlichen Formen zu erzeugen; auf der anderen Seite giebt es aber auch viele Mineralien, deren Zuſammenſetzung die Experimentirkunſt der Chemiker noch nicht aus den Elementen hervorgebracht hat. Endlich wird zwiſchen anorganiſchen und organiſchen Stoffen ein Uebergang vermittelt durch die Zerſetzungs- und Umbildungsproducte der letzteren. Die Producte der Einwirkung anorganiſcher Stoffe auf organiſche, die Producte der Fäulniß und Verweſung organiſcher Stoffe treten immer näher an das anorganiſche Reich.

Der wichtigſte und allein durchgreifende Unterſchied beider Klaſſen von Stoffen liegt in der Art, wie mehrere Elemente zu einem zuſammengeſetzten Stoffe ſich vereinigen.

Alle anorganiſchen Stoffe kann man in drei Hauptordnungen ſtellen.

Die erſte Ordnung umfaßt die Verbindungen je zweier Elemente mit einander. Dieſe binären Verbindungen zerfallen in Baſen, Säuren und neutrale Stoffe*) (vergl. S. 170) und bilden die Grundlage aller mehr zuſammengeſetzten; von ihnen geht man bei der Bezeichnung aus; ſie ſind am meiſten und ſorgfältigſten unterſucht worden.

Die zweite Ordnung umfaßt ſolche Stoffe, die aus je zwei Verbindungen der erſten Ordnung entſtanden ſind. Dahin gehören die einfachen Salze **), z. B. der Salpeter, deſſen Zuſammenſetzungsſchema iſt:



Bei der Zerſetzung der Salze ſcheiden ſich die in ihnen enthaltenen

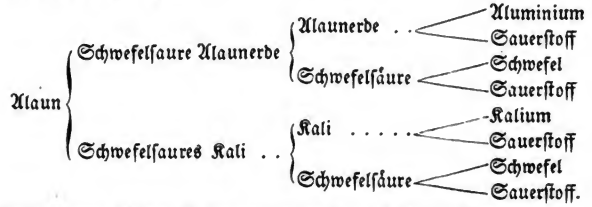
*) Wir müſſen hier nochmals erwähnen, daß das einzig durchgreifende Merkmal des baſiſchen oder ſauren Verhaltens eines Stoffes aus ſeinem Auftreten an den Polen einer galvaniſchen Vorrichtung hergeleitet werden kann. Die erſten Säuren, die man kennen lernte, waren in Waſſer löslich und ſchmeckten ſauer: danach gab man ihnen den Namen, obgleich ſie nicht die allein ſauer ſchmeckenden Stoffe ſind, und derſelbe Namen ſpäter auf viele Stoffe übertragen werden mußte, welche in Waſſer unlöslich ſind und deshalb gar keinen Geſchmack haben können.

**) Auch der Name Salz iſt vom Geſchmack hergenommen, den viele von den in Waſſer löslichen Verbindungen dieſer Ordnung mit dem des Kochſalzes ähnlich haben; er iſt ſpäter in gleicher Weiſe wie der Name Säure in größerer Allgemeinheit gebraucht und auf alle Verbindungen von höherer Ordnung übertragen worden.

Digitized by Google

Verbindungen der erſten Ordnung leicht aus, und laſſen ſich aus ihnen wieder iſoliren. Die Salze zerfallen in neutrale, ſaure und baſiſche. Im Allgemeinen nennt man diejenigen Salze, in welchen die Eigenſchaften der Säure und der Baſe am meiſten ausgeglichen ſind, *neutrale Salze*. Als *ſaures Salz* wird dann ein ſolches bezeichnet, welches mehr Säure enthält als das neutrale, als *baſiſches Salz* ein ſolches, welches mehr Baſis enthält.

Zu einer *dritten* Ordnung treten die *Verbindungen zweiter Ordnung* zuſammen in den ſogenannten Doppelſalzen, wie im Alaun, deſſen Zuſammenſetzung iſt:



Verbindungen höherer Ordnung kommen nur ſelten in Frage.

In der Zuſammenſetzung, Bildung und Zerſetzung organiſcher Stoffe zeigt ſich nicht eine ſolche Einfachheit und Regelmäßigkeit. Im Stärkemehl z. B. ſind Kohlenſtoff, Waſſerſtoff und Sauerſtoff mit einander verbunden, ohne daß ſie zuerſt einzeln zu zweien vereinigt wären, oder ohne daß dieſelbe Verbindung, wie im Stärkemehl, durch Zuſammenbringen zweier binärer Verbindungen erzeugt werden könnte. Bei der Vereinigung und Zerſetzung organiſcher Stoffe mit einander und durch einander, ſo wie mit anorganiſchen Stoffen und durch dieſelben ſpielen mehrere Elemente, mit einander feſt verbunden, dieſelbe Rolle, wie die Elemente in den anorganiſchen Verbindungen, ſie treten als Ganzes in die Verbindungen ein und aus den Verbindungen heraus und werden in vielen Fällen durch anorganiſche Elemente verdrängt oder erſetzt.

Nennt man die Stoffe, bis auf welche man bei der Zerſetzung und Bildung zuſammengeſetzter Stoffe durch Wahlverwandtſchaft kommt, *Radicale*, ſo kann man den Unterſchied zwiſchen anorganiſchen und organiſchen Stoffen ſo ausſprechen: *die Radicale der anorganiſchen Stoffe ſind lediglich die Elemente, die Radicale organiſcher Stoffe enthalten zwei oder mehrere Elemente vereinigt.*

Wie weit ſich dieſes Verhältniß der Radicale geltend machen läßt, kann nur eine ſpecielle Betrachtung der organiſchen Stoffe deutlich machen. Beiſpiele können an dieſer Stelle zum wahren Verſtändniß noch wenig beitragen.

Digitized by Google

II. Die chemiſchen Elemente und ihre anorganiſchen Verbindungen.

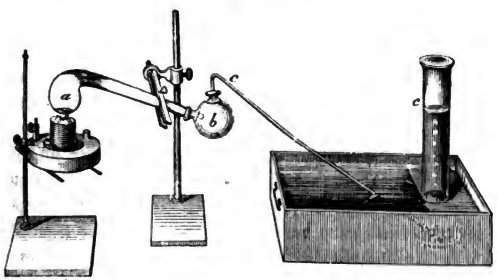
In der folgenden Charakteriſtik der Elemente und ihrer anorganiſchen Verbindungen ſind diejenigen beſonders hervorgehoben und ausführlich abgehandelt, welche zu dem beſonderen Zwecke dieſes Werkes in einer beſtimmten Beziehung ſtehen. Die Beſchreibung der Verſuche iſt ſo weit ausgeführt, daß ſie demjenigen, der dieſelben wiederholen will, als Führer dienen kann; jedoch ſind der Kürze wegen die bei der Zuſammenſtellung faſt aller Apparate zu beobachtenden Verhaltungs- und Vorſichtsmaßregeln in einer ſpäteren Abtheilung für ſich vereinigt worden. §. 99.

---

1. Sauerſtoff.

Darſtellung des Sauerſtoffs. Erhitzt man das ſogenannte rothe Präcipitat, d. h. das rothe Queckſilberoxyd, ſo verliert es ſeine ſchöne rothe Farbe, wird dunkel, faſt ſchwarz und verflüchtigt ſich dann unter Zerſetzung. Um die Producte dieſer Zerſetzung genauer kennen zu lernen, bringt man das rothe Queckſilberoxyd in eine kleine Retorte *a*, Fig. 143, §. 100.

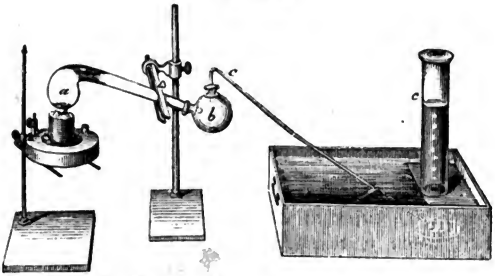
Fig. 143.



Digitized by Google

aus nicht zu ſchwachem Glaſe, ſteckt den Hals derſelben luftdicht in die doppelt tubulirte Vorlage *b* und verbindet dieſe mit dem Gasleitungs-

Fig. 144.



rohre *c*, deſſen Ende unter die Brücke einer pneumatiſchen Wanne taucht. Wird nun die Retorte durch eine Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge erhitzt, ſo beginnt ſehr bald eine Gasentwickelung, und nach und nach bekommt der minder heiße Theil der Retorte von innen einen ſpiegelnden Ueberzug, der ſich ſpäter in kleine Tröpfchen zuſammenzieht, welche in die Vorlage herabfallen. Läßt man die erſten Gasblaſen, die faſt nichts Anderes ſind, als gewöhnliche Luft, aus dem Inneren der Retorte in's Freie entweichen und ſammelt erſt die ſpäter austretenden, ſo erhält man reines Sauerſtoffgas. Um 100 Gewichtstheile Sauerſtoff zu erhalten, muß man ſehr viel, nämlich 1428 Gewichtstheile rothes Queckſilberoxyd zerſetzen. Das Queckſilberoxyd iſt deshalb und wegen ſeines hohen Preiſes zur Darſtellung größerer Mengen von Sauerſtoffgas nicht gut geeignet.

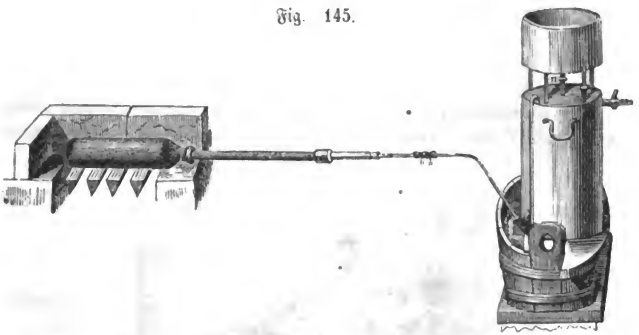
Viel wohlfeiler erhält man daſſelbe Gas aus dem Braunſtein, entweder durch anhaltendes Rothglühen, oder durch Erwärmen mit concentrirter Schwefelſäure.

Das Glühen des Braunſteins geſchieht in einer eiſernen Flaſche oder einem Stück Flintenlauf, welches unten zugeſchmiedet iſt. Der Braunſtein wird fein gepulvert eingetragen und kann das Gefäß ganz erfüllen. In die Oeffnung des Glühgefäßes wird ein eiſernes, gut eingeſchliffenes Rohr luftdicht eingeſetzt, und dieſes mit einer gläſernen Röhre zur weiteren Fortführung des Gaſes verbunden. Der Bequemlichkeit wegen macht man die gläſerne Gasleitung durch ein eingeſetztes, kurzes Caoutchoucrohr beweglich. Zu Anfang des Glühens entweicht ein Sauerſtoffgas, welches durch die atmoſphäriſche Luft aus dem Inneren des Apparates verunrei-

Digitized by Google

nigt ist; man sammelt das Gas erst dann, wenn ein über die Oeffnung des Gasleitungsrohres gehaltener glimmender Spahn wieder entzündet wird. Fig. 145 zeigt den Apparat, der zu diesem Versuche gebraucht wird.

Fig. 145.



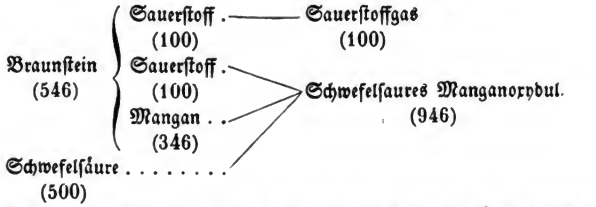
Die eiserne Flasche liegt auf einem Roste und wird durch Kohlen erhitzt. Das Gas wird in einem Gasometer zu weiteren Versuchen aufbewahrt.

Die beste Art des im Handel vorkommenden Braunsteins ist das Weichmanganerz, welches eisenschwarze, faserige Massen bildet und sich leicht zu einem schwarzen Pulver zerreiben läßt; es besteht dem Gewichte nach in 100 Theilen, aus 63,4 Theilen Manganmetall und 36,6 Theilen Sauerstoff. In der Weißglühhitze entweicht ein Drittheil des Sauerstoffgehaltes als Gas, nämlich 12,2 % vom Gewichte des angewandten Braunsteins; der Rest des Sauerstoffs bleibt mit dem Manganmetall verbunden zu sogenanntem braunen Manganoxyd. Um 100 Gewichtstheile Sauerstoffgas durch Glühen zu erhalten, braucht man 833 Gewichtstheile Braunstein.

Noch etwas mehr Sauerstoffgas, als beim Glühen, nämlich 18,3 % von seinem Gewichte, oder die Hälfte seines Sauerstoffgehaltes, liefert der Braunstein bei Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure. Dabei bildet sich schwefelsaures Manganoxydul als Rückstand und Sauerstoffgas entweicht, die Zersetzungsweise ist folgende *):

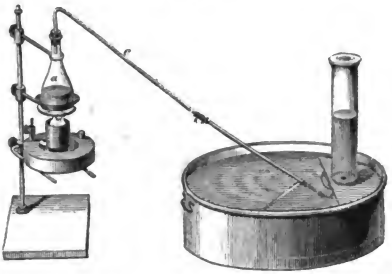
*) Bei dieser und allen folgenden schematischen Darstellungen chemischer Processe bedeuten die eingeklammerten, untergesetzten Zahlen die Gewichtsmengen, mit welchen die einzelnen Bestandtheile in den Proceß eingehen.

Digitized by Google



Den Braunstein bringt man gepulvert in ein bauchiges, überall gleichmäßig dickes Gefäß von Glas, einen Kolben, *a*, Fig. 146, setzt nahe gleichviel

Fig. 146.

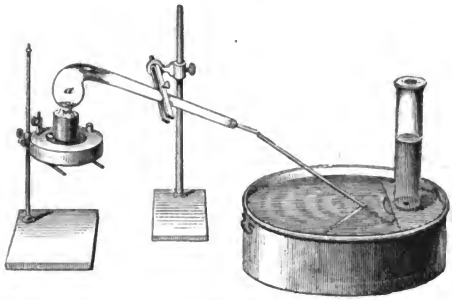


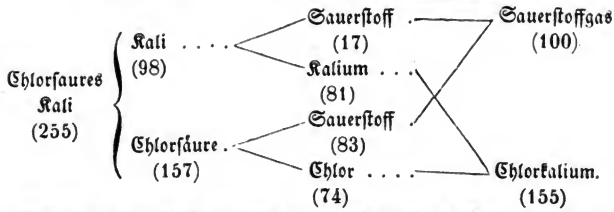
concentrirte Schwefelsäure zu und schüttelt so lange um, bis die Mengung vollständig vor sich gegangen ist. Das Gemenge darf höchstens die Hälfte vom Raume des Kolbens einnehmen, indem es sich bei der Erhitzung unter Blasenwerfen aufbläht. Damit die Hitze gleichmäßig vertheilt wird, setzt man den Kolben auf eine mit feinem trockenen Sande gefüllte Blechschale, auf ein sogenanntes Sandbad. Natürlich entweichen außer dem Sauerstoffgase auch Wasserdämpfe in beträchtlicher Menge, die von dem Wassergehalte der concentrirten Schwefelsäure herrühren. Die Zusammenstellung des Apparates zeigt Fig. 146.

Am reichlichsten und zugleich am reinsten gewinnt man den Sauerstoff aus dem chlorsauren Kali, dem sogenannten Berthollet'schen Knallsalze. Man erhitzt dasselbe in einer Glasretorte (*a*, Fig. 147), welche jedoch nicht über ein Drittheil gefüllt sein darf, langsam und vorsichtig. Zuerst schmilzt das Salz zu einer dünnen Flüssigkeit, welche bei anfangendem Rothglühen dicker wird und aufschäumt. Das chlorsaure Kali zerfällt dabei in Sauerstoffgas und Chlorkalium. Zur Darstellung von 100 Gewichtstheilen Sauerstoffgas braucht man 255 Gewichtstheile chlorsaures Kali.

Digitized by Google

Fig. 147.





Mengt man etwas Braunstein unter das chlorsaure Kali, so geht die Zersetzung ruhiger vor sich, indem die geschmolzene Masse etwas poröser wird. Das Zumischen von Braunstein ist daher sehr zu empfehlen. Sollte die Retorte während des Versuchs zerspringen, so wird die geschmolzene Masse herumgeworfen und entzündet sogleich die verbrennlichen Stoffe, auf welche sie fällt; jedoch ist der Versuch bei einiger Vorsicht ohne alle Gefahr.

Taucht man frische grüne Pflanzentheile unter Wasser und setzt sie dem Sonnenscheine aus, so überzieht sich ihre Oberfläche mit Gasbläschen, die nach und nach entweichen. Dieses Gas ist Sauerstoffgas.

Eigenschaften des Sauerstoffs. Das Sauerstoffgas ist farblos § 101. und geruchlos; seine Dichte ist etwas größer, als diejenige der atmosphärischen Luft, nämlich 1,103. Man hat es bis jetzt weder durch Zusammendrückung, noch durch Erkaltung in eine tropfbare Flüssigkeit verwandeln können. Vom Wasser wird es nur sehr schwach absorbirt; 100 Maße Wasser nehmen 6,2 Maße Sauerstoffgas auf. Das Sauerstoffgas kann dessalb sehr gut sowohl bei seiner Darstellung, als auch bei seiner Aufbewahrung durch Wasser abgesperrt werden.

Das reine Sauerstoffgas kann ohne Nachtheil eingeathmet werden,

Digitized by Google

erregt jedoch nach einiger Zeit einen fieberhaften Zustand. Die wichtigste Eigenschaft des Sauerstoffgases, wodurch dasselbe zugleich von der gewöhnlichen atmosphärischen Luft unterschieden wird, besteht darin, daß alle brennbaren Stoffe im Sauerstoffgase weit rascher und mit lebhafterer, glänzenderer Flamme verbrennen, als in der gewöhnlichen Luft, daß glimmende Stoffe darin sich flammend entzünden und daß sogar glühende Metalle unter Funkensprühen verbrennen.

Um Verbrennungsversuche im Sauerstoffgase anzustellen, taucht man entweder den erhitzten Stoff in ein mit dem Gase gefülltes Gefäß, oder man leitet einen Strom des Gases darauf.

Die Cylinder, die man zum Auffangen des Sauerstoffs und der Gase überhaupt braucht, müssen glatt abgeschliffene Ränder haben. Man füllt sie mit Wasser, deckt ebene Glastafeln darauf, kehrt sie um, senkt sie unter das Wasser der pneumatischen Wanne, zieht die Glastafel von ihrer Oeffnung und schiebt sie auf die Brücke (vergl. S. 80). Nachdem sie gefüllt sind, schiebt man die Glastafeln unter Wasser wieder über die Oeffnung, kehrt um und öffnet. Da das Sauerstoffgas etwas dichter ist als gewöhnliche Luft, so erhält es sich kurze Zeit rein in einem oben offenen Gefäße; man muß sich aber mit den Versuchen beeilen, da die atmosphärische Luft bald durch Diffusion eintritt und das Sauerstoffgas verdrängt.

Führt man einen glimmenden Holzspahn in ein mit Sauerstoffgas gefülltes Gefäß, so entflammt er wieder und brennt mit starkem Glanze.

Glimmender Feuerschwamm und glühende Kohle, die man mittelst Drahthaken in Sauerstoffgas eintaucht, verbrennen der erste mit lodernder Flamme, der letzte unter Funkensprühen.

Entzündet man Schwefel in einem Metalllöffel, Fig. 148, so giebt er, in Sauerstoffgas eingesenkt, eine lange violette Flamme.

Fig. 148.

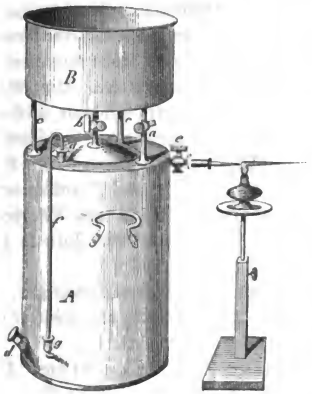
Hat man Pyphosphor in einem gleichen Löffel nur bis zum Schmelzen erwärmt, so entzündet er sich im Sauerstoffgas von selbst und verbrennt mit blendend weißem Lichte. Dieser Versuch verlangt jedoch einige Vorsicht. Der Phosphor wird immer unter Wasser aufbewahrt und darf auch naß nicht mit den Fingern angefaßt werden, sondern mit einer metallenen Zange. Zu einem Versuche schneidet man ein höchstens erbsengroßes Stück ab und trocknet es sorgfältig durch Betupfen mit Fließpapier. Nasser Phosphor schmilzt zwar auch und entzündet sich, brennt aber nicht ruhig, wie trockener Phosphor, sondern spritzt stark; bei Anwendung von nassem Phosphor werden daher die Wände der Gefäße, in denen man das Sauerstoffgas gesammelt hat, verunreinigt und leicht zersprengt.

Digitized by Google

Steckt man ein Stück glimmenden Schwamm an das Ende einer Clavierſaite, oder noch beſſer einer Uhrfeder, ſo verbrennt nach dem Einſenken in Sauerſtoffgas zuerſt der Schwamm, dann aber auch das Metall, wenn es vorher durch den verbrennenden Schwamm bis zum Glühen erhitzt war, indem es ſternförmige Funken ausſprüht.

Schöner noch zeigt ſich das Verbrennen des Stahles, wenn man einen Strom von Sauerſtoffgas aus der engen Hahnröhre *e*, Fig. 149, eines Gaſometers austreten läßt und durch die Flamme einer Spirituslampe hindurch auf die Stahlfeder treibt. Man erhält dann einen wahren Funkenregen.

Fig 149.



Vorkommen des Sauerſtoffs. §. 102. Das Sauerſtoffgas iſt ein Element und zwar das am meiſten verbreitete. Es findet ſich mit einem anderen Gaſe, dem Stickſtoffgaſe, gemengt in der Luft der Atmoſphäre und macht nahe ein Viertheil vom Gewichte derſelben aus. Der Sauerſtoff iſt derjenige Beſtandtheil, der die Verbrennung in der atmoſphäriſchen Luft bedingt, die aber natürlich wegen der Beimengung von Stickſtoff, der an der Verbrennung keinen Antheil nimmt, weniger energiſch ſein kann, als die Verbrennung im Sauerſtoffgaſe. Sauerſtoff, mit anderen Stoffen verbunden, macht den größten Theil und die Mehrzahl der anorganiſchen und organiſchen Naturerzeugniſſe aus.

Verbindungen des Sauerſtoffs. §. 103. Wenn Stoffe im Sauerſtoffgaſe verbrennen, ſo verbinden ſie ſich chemiſch damit; die Wärmeentwickelung, welche mit der Verbrennung verbunden iſt, iſt die Folge des chemiſchen Proceſſes; ſie iſt in der Regel um ſo bedeutender, je mehr Sauerſtoff bei der Verbrennung mit dem verbrennenden Stoffe zuſammentritt. Die Wärmemenge, welche bei der Verbrennung von einem Pfunde Kohle erzeugt wird, reicht hin, um 73 Pfund Waſſer von 0° auf 100° C. zu erwärmen; dagegen wird bei der Verbrennung von einem Pfunde Schwefel nur ſo viel Wärme entwickelt, als 26 Pfund Waſſer brauchen, um von 0° auf 100° C. gebracht zu werden. Wie die Wärme, die der Verbrennungsproceß entwickelt, nicht für alle Stoffe gleich iſt, ſo tritt die Ver-

Digitized by Google

brennung verſchiedener Stoffe auch bei verſchiedenen Temperaturen ein. Die meiſten Stoffe brennen im Sauerſtoffgaſe fort, wenn ſie an einer Stelle bis zum Glühen erhitzt ſind, ſo Kohle und Eiſen; einige fangen aber ſchon bei der bloßen Schmelzhitze, ja ſogar unter derſelben an zu brennen, wie Phosphor. Die Producte der Verbrennung, die aus der Verbindung des Sauerſtoffs mit dem verbrennenden Stoffe hervorgehenden Stoffe ſind bei der Verbrennungstemperatur theils gasförmig, theils ſtarr. Die eigentlichen Brennſtoffe, die als Heiz- und Leuchtmaterialien anwendbar ſind, müſſen, wenn auch nicht ausſchließlich, doch überwiegend gasförmige Verbrennungsproducte geben, die während der Verbrennung aufſteigen und dem hinzutretenden Sauerſtoffgaſe eine friſche unverbrennbare Oberfläche darbieten; dahin gehören Holz und Kohle. Eine Verbrennung hingegen, bei welcher zu viel oder nur ſtarre Producte vorkommen, wird dadurch bald erſtickt, daß der unverbrannte Theil des Stoffes von einer Hülle umſchloſſen wird, die nicht weiter verbrennen kann. Ein eiſerner Roſt kann z. B. nicht verbrennen, weil ſich ſeine Oberfläche mit einer zuſammenhängenden, nur wenig poröſen Schicht von Eiſenoxyd überzieht, durch welche das Metall im Inneren vor dem Zutritte des Sauerſtoffs geſchützt wird.

Der Glanz, womit die Verbrennung ſtattfindet, iſt um ſo größer, je mehr ſtarre Verbrennungsproducte ſich bilden, deshalb am größten bei verſprühenden Metallen.

Der wiſſenſchaftliche Namen des Sauerſtoffs iſt Oxygenium. Der Act der chemiſchen Verbindung mit einem anderen Stoffe heißt Oxydation. Den der Oxydation entgegengeſetzten Vorgang, wobei einem Stoffe Sauerſtoff entzogen wird, nennt man eine Desoxydation, wol auch Reduction. Die Darſtellung des Sauerſtoffgaſes aus rothem Queckſilberoxyd beruht z. B. auf einer vollſtändigen, aus Braunſtein auf einer unvollſtändigen Desoxydation.

Die Verbindungen erſter Ordnung zwiſchen dem Sauerſtoffe und anderen Elementen, alſo die binären Sauerſtoffverbindungen (vergl. §. 98) werden Oxyde genannt. Die Oxyde gehören zu den wichtigſten chemiſchen Verbindungen, von denen man bei der Bezeichnung anderer Verbindungen ausgeht. Die Oxyde ſind theils entſchieden elektropoſitiv, theils entſchieden elektronegativ (vergl. §. 93), theils weder das eine, noch das andere, d. h. neutral. Die elektropoſitiven Oxyde heißen Sauerſtoffbaſen oder baſiſche Oxyde, die elektronegativen Sauerſtoffſäuren, die Oxyde der dritten Art neutrale Oxyde.

In der Regel verbindet ſich der Sauerſtoff in mehreren Verhältniſſen mit einem Elemente, ſo daß es für jedes Element mehrere Oxydationsſtufen giebt. Sind von den Oxyden eines Elementes einige Baſen, die

Digitized by Google

anderen Säuren, ſo enthalten die Säuren immer mehr Sauerſtoff, als die Baſen. So verbindet ſich

100 Chrom mit 46 Sauerſtoff zu Chromoxyd;
100 » » 92 » » Chromſäure;

oder:

100 Antimon mit 18,5 Sauerſtoff zu Antimonoxyd;
100 » » 31 » » Antimonſäure.

Sind zwei Oxyde eines Elementes Baſen, ſo wird dasjenige, welches am wenigſten Sauerſtoff enthält, Oxydul, das andere Oxyd im engeren Sinne genannt. So beſteht das

Eiſenoxydul aus 100 Eiſen und 29,5 Sauerſtoff;
Eiſenoxyd » 100 » » 44,1 »

Die neutralen Oxyde ſind theils ſauerſtoffärmer, als die Oxydule, theils ſauerſtoffreicher, als die Oxyde, und ſtehen dann zwiſchen den Oxyden und Sauerſtoffſäuren. Die erſten heißen Hypoxyde oder Suboxyde; die anderen Hyperoxyde oder Superoxyde. So ſind verbunden im:

Bleihypoxyde . 100 Blei mit 3,8 Sauerſtoff;
Bleioxyde . . 100 » » 7,7 »
Bleihyperoxyde 100 » » 15,4

ferner in

dem Manganoxyde . . 100 Mangan mit 43 Sauerſtoff;
» Manganhyperoxyde . 100 » » 57 »
der Manganſäure . . 100 » » 85 »

Die baſiſchen und ſauren Oxyde ſind diejenigen Oxydationsſtufen, in welchen der Sauerſtoff am feſteſten gebunden iſt. Die Hypoxyde und Hyperoxyde verwandeln ſich leicht in baſiſche Oxyde; die erſten ſcheiden dabei einen Theil des in ihnen mit dem Sauerſtoffe verbundenen Elementes aus, die anderen laſſen einen Theil ihres Sauerſtoffs fahren.

Wie es gewöhnlich mehrere baſiſche Oxyde eines Elementes giebt, ſo kommen auch mehrere ſaure vor. So iſt zuſammengeſetzt die

Manganſäure . . aus 100 Mangan und 85 Sauerſtoff;
Uebermanganſäure . » 100 » » 101 »

In der Bezeichnung der mehr und minder ſauerſtoffreichen Säuren herrſcht jedoch keine durchgreifende Uebereinſtimmung.

Die Reihe der Oxydationsſtufen, nach der Zunahme des Sauerſtoffgehaltes geordnet, iſt demnach folgende:

neutrale Hypoxyde,
Sauerſtoffbaſen,
neutrale Hyperoxyde,
Sauerſtoffſäuren.

Digitized by Google

2. Waſſerſtoff.

§. 104. **Darſtellung des Waſſerſtoffgaſes.** Verbindet man ein Gefäß, in dem Waſſerdampf erzeugt wird, mit einem glühenden, innen blanken Eiſenrohre, ſo daß der erzeugte Waſſerdampf durch das glühende Rohr hindurchſtreichen muß, ſo wird dieſer chemiſch verändert; anſtatt ſeiner entweicht ein Gas, welches durch Abkühlung nicht mehr condenſirt wird und leicht entzündlich iſt. Man nennt daſſelbe Waſſerſtoffgas.

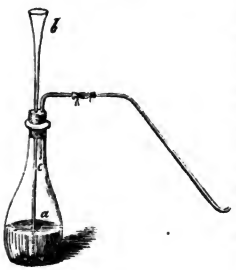
Zur Dampferzeugung kann man für dieſen Verſuch eine Glasretorte *a*, Fig. 150, anwenden, deren Hals in einen Flintenlauf eingekorkt iſt. Der

Fig. 150.

Flintenlauf wird durch einen kleinen Kohlenofen in das Glühen gebracht. Um die metalliſche Oberfläche zu vergrößern, ſteckt man einen ſpiralförmig gewundenen Docht in ihn hinein; ſein Ende iſt mit einer Gasleitung verſehen, deren Oeffnung unter die Brücke der pneumatiſchen Wanne geführt werden kann.

Leichter erhält man daſſelbe Gas bei der Auflöſung von Zink oder Eiſen in verdünnter Schwefelſäure. Das Zink wird in Form von mäßig kleinen Blechſpähnen in die bauchige Gasentbindungsflaſche *a*, Fig. 151, gebracht und mit Waſſer übergoſſen. Hierauf ſetzt man den doppelt durchbohrten Kork auf und gießt durch die Trichterröhre *b* etwas Schwefelſäure zu. Die Gasentwickelung tritt ſogleich unter Aufbrauſen ein, läßt aber mit der Zeit nach und wird durch Zuſatz von neuer Schwefelſäure ſo lange wiederhergeſtellt, als noch Zink unaufgelöſt vorhanden iſt. Die erſten Quantitäten des entwickelten Gaſes ſind natürlich mit der Luft aus dem Inneren der Flaſche gemengt, und werden zu weiteren Verſuchen nicht benutzt.

Fig. 151.

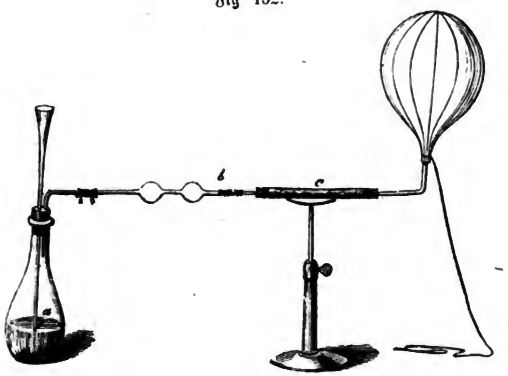


Digitized by Google

Eigenschaften des Wasserstoffgases. Das Wasserstoffgas ist farb- §. 105.
los und geruchlos. Der unangenehme Geruch des auf gewöhnliche Weise dargestellten Gases rührt von Verunreinigungen her. Es ist bis jetzt noch nicht gelungen, weder durch Erkaltung, noch durch Zusammendrückung dasselbe zu condensiren. Seine Dichte ist 0,069, also nur $^1/_{14,5}$ von derjenigen der atmosphärischen Luft.

Das Wasserstoffgas ist das specifisch leichteste unter den bekannten Gasen und kann deshalb am vortheilhaftesten zur Füllung von Luftballons verwendet werden, deren Steigen nach §. 21 dadurch bedingt ist, daß das Gewicht der Hülle und Füllung zusammengenommen weniger beträgt, als das Gewicht einer dem Raume nach gleichen Masse von atmosphärischer Luft. Diese Bedingung ist für Wasserstoffgas schon in geringen Dimensionen leicht zu erreichen. Man hat Ballons aus sogenannter Goldschlägerhaut, die bei einem Durchmesser von nicht mehr als 6 Zoll recht gut steigen. Man saugt dieselben aus, steckt sie auf das Ende der Leitung einer Wasserstoffgasentbindungsflasche, und hält sie hier so lange fest, bis sie sich aufgebläht haben. Macht man sie nun los, so steigen sie rasch auf und erhalten sich schwebend an der Decke eines Zimmers, bis ihre Füllung durch Diffusion von atmosphärischer Luft verdrängt ist. Man thut wohl, für diesen Zweck trockenes Wasserstoffgas zu nehmen und schaltet deshalb eine mit erbsengroßen Stücken von geschmolzenem Chlorcalcium locker gefüllte Röhre *c*, Fig. 152, in die Gasleitung ein.

Fig 152.



Das geschmolzene Chlorcalcium hat die Fähigkeit, Wasserdampf sehr schnell aufzusaugen, und trocknet deshalb ein mit Wasserdampf beladenes

Digitized by Google

Gas vollständig aus, wenn dieses durch eine nur einige Zoll lange Chlorcalciumröhre hindurchgeht.

Vom Wasser wird das Wasserstoffgas nur sehr wenig absorbirt. 100 Maße Wasser nehmen 4,6 Maße davon auf.

Das Wasserstoffgas ist durch seine Leichtentzündlichkeit und Brennbarkeit ausgezeichnet. Läßt man es aus einer engen Oeffnung, Fig. 153, austreten, aud hält einen brennenden Spahn, oder auch nur einen rothglühenden Eisendraht darüber, so entzündet es sich unter schwacher Verpuffung und brennt mit blaßblauer, matter Flamme. Dagegen kann es die Verbrennung nicht unterhalten; ein brennender Körper verlischt in ihm. Füllt man z. B. einen Cylinder, Fig. 154, mit Wasserstoffgas, hebt ihn, die Oeffnung abwärts gekehrt aus der pneumatischen Wanne, und steckt eine brennende, am Ende eines Drahthakens befestigte Kerze hinein, so entzündet sich das Gas an der Oeffnung, die Kerze verlischt aber, so wie sie tiefer in den Cylinder hineinreicht und von bloßem Wasserstoffgas umgeben ist. Führt man die Kerze wieder rückwärts, so entzündet sie sich wieder am brennenden Gase. Zum Gelingen dieses Versuches ist es durchaus nothwendig, daß man die Oeffnung des Cylinders abwärts kehrt; wegen seiner geringen Dichte entweicht das Wasserstoffgas aus einem oben offenen Gefäße augenblicklich. Rein bleibt es aber auch in einem umgekehrten Gefäße nicht lange, sondern wird sehr bald durch Diffusion mit atmosphärischer Luft gemengt.

Fig. 153.

Fig. 154.

Rein eingeathmet hat das Wasserstoffgas eine unangenehme Empfindung und Abspannung der Muskeln zur Folge. Mit atmosphärischer Luft gemengt läßt es sich längere Zeit ohne allen Schaden einathmen. Kleine Thiere sterben in ihm fast augenblicklich.

§. 106. **Knallluft.** Läßt man Wasserstoffgas und atmosphärische Luft, am besten im Raumverhältnisse von 2 zu 5, zusammen in ein Gefäß treten, so erhält man ein Gasgemenge, welches nicht langsam verbrennt, wie das Wasserstoffgas, wenn es für sich aus einer feinen Oeffnung in die atmosphärische Luft ausströmt, sondern augenblicklich in Masse explodirt, so wie es an einer Stelle bis zur Temperatur der Verbrennung erhitzt ist. Ein solches Gasgemenge wird deshalb Knallluft genannt.

Fig. 155.

Die explodirende Wirkung der enzündeten Knallluft zeigt sich sehr einfach an der Luftpistole, Fig. 155. Diese besteht aus einer mit einem Handgriffe versehenen Blech-

Digitized by Google

röhre, deren Oeffnung dicht verkorkt werden kann. Man füllt sie zu etwa zwei Drittheilen mit Wasser, setzt den Kork auf, öffnet sie umgekehrt unter dem Wasser der pneumatischen Wanne, füllt sie mit Wasserstoffgas vollends an, und verschließt sie dann wieder mit dem Stöpsel. Sie enthält nun Knallluft. Verbindet man die Blechröhre durch einen Draht mit der äußeren Belegung einer geladenen elektrischen Flasche, und nähert den Knopf derselben dem Drahte *a*, so daß ein Funke vom Ende dieses Drahtes *a* auf die Innenseite des Blechrohres durch das Knallgas hindurchgehen muß (vergl. §. 90.), so wird der Kork mit starkem Knall aus der Oeffnung herausgeschossen. Der Draht *a* muß natürlich isolirt durch die Rohrwand hindurchgehen; er ist gewöhnlich in eine Glasröhre eingekittet.

Fig. 156.

Hat man Knallluft in einer mit einem Hahne *b*, Fig. 126, versehenen Glocke, und setzt man auf den Hahn ein feines Röhrchen *c*, welches in einem Schälchen zur Aufnahme von Seifenwasser endigt, so bildet sich bei vorsichtigem Oeffnen des Hahnes und gleichzeitigem Einsenken der Glocke in das Wasser der pneumatischen Wanne eine mit Knallluft gefüllte Seifenblase, welche knallend zerplatzt, wenn man ein Licht darunter hält.

Die Explosion fällt noch stärker aus, wenn man Wasserstoffgas nicht mit atmosphärischer Luft, sondern mit Sauerstoffgas mengt; denn nur der Sauerstoffgehalt der ersten ist bei der Explosion thätig. Während der Explosion verbindet sich das Wasserstoffgas mit dem Sauerstoffgase zu einem Dampfe, der im Augenblicke der Entstehung erglüht, und sich deshalb mächtig auszudehnen strebt.

Die Verbindung des Wasserstoffgases und Sauerstoffgases kann auch auf andere Weise eingeleitet werden, als durch Erwärmung, nämlich durch die Berührung mit solchen fein vertheilten Metallen, welche das Vermögen besitzen, Sauerstoffgas in größerer Menge durch Absorption auf ihrer Oberfläche zu verdichten (vergl. §. 49). Am kräftigsten wirkt das frisch ausgeglühte lockere Platin, der Platinschwamm. In Knallluft eingeführt, erhitzt er sich rasch bis zum Glühen, und dann erfolgt die Explosion. Nach längerem Liegen an der Luft, oder nach zu heftigem Ausglühen verliert er jedoch diese Eigenschaft und kann nicht mehr eine rasche explodirende Verbindung erzeugen, sondern nur eine langsame. Aber auch Platindraht und Platinblech bewirken die Verbindung, wenn sie eine ganz reine, frische Oberfläche haben, entweder schon bei gewöhnlicher Temperatur, oder doch bei einer mäßigen Erwärmung. Sogar solche Stoffe, wie Glas, Bimsstein, Porzellan in scharfkantigen Stücken leiten eine chemische Verbindung zwischen den Gemengtheilen der Knallluft ein und veran-

Digitized by Google

lassen sie wenigstens schon bei 350° C., d. i. bei der Siedhitze des Quecksilbers, also weit unter der Glühhitze.

§. 107. **Platinfeuerzeuge.** Die eben besprochene Wirkung des Platinschwammes auf Knallluft ist bei dem Döbereiner'schen Platinfeuerzeuge technisch benutzt, dessen gewöhnliche Einrichtung aus Fig. 157 ersichtlich ist. Oeffnet man den Hahn *e*, so wird das in der Glocke *b* angespannte Wasserstoffgas durch den Druck der Flüssigkeit im größeren Gefäße *c* ausgetrieben, strömt gegen den Platinschwamm in der Hülse *f* und entzündet sich. In der Glocke *b* hängt ein Zinkblock, mit welchem die beim jedesmaligen Oeffnen des Hahnes *e* aus dem größeren Gefäße *c* übertretende verdünnte Schwefelsäure in Berührung kommt und Wasserstoffgas entwickelt. Schließt man also den Hahn *e*, so füllet sich die Glocke *b* bis zum unteren Rande wieder mit Wasserstoffgas, und dieses bringt zugleich den Zinkblock außer Berührung mit der Schwefelsäure. Hat man das Feuerzeug frisch gefüllt, so enthält die Glocke *b* atmosphärische Luft, die man durch mehrmaliges längeres Oeffnen und Schließen des Hahnes *e* entfernen muß; während des Oeffnens hält man zur Vermeidung einer stärkeren Explosion ein Blatt Papier zwischen die Oeffnung des Hahnes und den Platinschwamm. Die Platinschwämme der Döbereiner'schen Feuerzeuge verlieren nach und nach ihre Wirksamkeit, weil sich fremde Stoffe darauf ablagern. In einem Raume, der Ammoniakgas oder Schwefelwasserstoffgas in größerer Menge enthält, z. B. nach längerem Stehen in dickem Tabacksqualm, in der Nähe von Ställen werden sie ebenfalls unempfindlich, können jedoch durch Ausglühen leicht wieder hergestellt werden; dies geschieht am einfachsten durch die angezündete Wasserstoffflamme selbst.

Fig. 157.

§. 108. **Knallgasgebläse.** Bei der Verbrennung des Wasserstoffgases wird zwar wenig Licht, aber eine höchst intensive Hitze entwickelt. Läßt man aus einer Röhre ein Gemenge von 1 Maß Sauerstoffgas und 2 Maßen Wasserstoffgas ausströmen, und entzündet dasselbe, so erhält man eine Flamme, in welcher Stoffe, wie Kiesel und Pfeifenthon schmelzen, die man sonst nicht flüssig machen kann, und worin ein Kalkcylinder mit einem dem Sonnenlichte vergleichbaren Glanze erglüht. Wegen der explosiven Eigenschaften des angegebenen Gemenges muß man aber auf das sorgfältigste verhüten, daß sich die Entzündung nicht rückwärts durch die Ausströmungsröhre bis zum Gasreservoir fortpflanzen kann. Apparate, wodurch dies erreicht wird, heißen Knallgasgebläse. Eines der einfachsten zeigt Fig. 158. An einen mit Sauerstoff gefüllten Gasometer ist ein Hahn

Digitized by Google

Fig. 158.

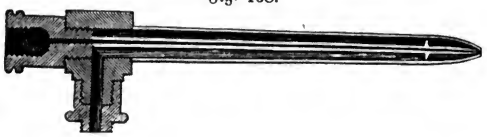
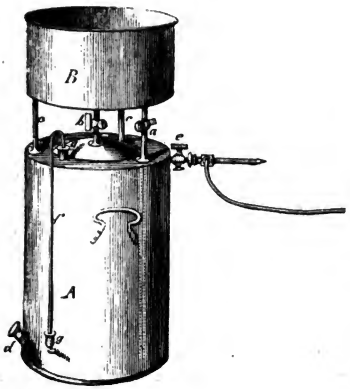


Fig. 159 angeschraubt, dem durch ein Querrohr Wasserstoffgas zugeführt wird, so daß beide Gase erst im Momente ihres Ausströmens gemengt werden.

Fig. 159.



§. 109. **Bildung und Zersetzung des Wassers.** Ein Glasgefäß, welches man über die Wasserstoffgasflamme hält, beschlägt sich stets mit Wasser, auch wenn man ganz trockenes Gas angewandt hat. Bei der Verbrennung des Wasserstoffgases in atmosphärischer Luft, d. h. bei seiner Verbindung mit Sauerstoffgas wird Wasser gebildet.

Ueber das Verhältniß, in welchem Sauerstoffgas und Wasserstoffgas mit einander zu Wasser zusammentreten, giebt der Versuch in der Verpuffungsröhre, Fig. 160, einen einfachen Aufschluß. Die Verpuffungsröhre *a* ist von Glas, unten offen, oben geschlossen und der Länge nach mit einer Eintheilung ihres inneren Rauminhaltes versehen; am oberen Ende gehen 2 Drähte *b* und *c* luftdicht durch die Röhrenwand hindurch, die sich innen fast berühren, und nach außen in Oesen endigen. In die mit Wasser gefüllte und mit dem offenen Ende in Wasser getauchte Röhre läßt man nach einander Sauerstoffgas und Wasserstoffgas treten, und mißt das Volumen derselben unter den ge-

Fig. 160.

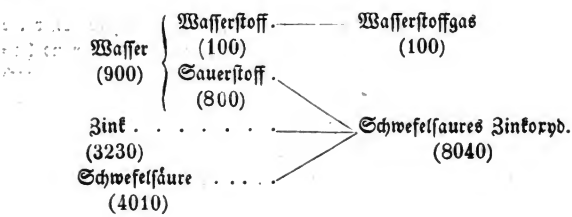
Digitized by Google

hörigen Vorsichtsmaßregeln (vergl. §. 65), d. h. so, daß dabei die Oberfläche des Wassers innerhalb und außerhalb der Röhre gleich hoch, die Röhre selbst senkrecht steht. Das Gasgemenge darf die Röhre nicht über $^3/_4$ erfüllen. Dann bringt man, während das offene Ende der Röhre unter Wasser bleibt, die eine Oese mittelst eines Drahtes in Berührung mit der äußeren Belegung einer geladenen elektrischen Flasche, und berührt mit dem Knopfe derselben die andere Oese. Der zwischen den Drahtenden überspringende Funke entzündet das Gasgemenge. Der entstandene Wasserdampf ist im Augenblicke der Entstehung glühend und dehnt sich stark aus, wird aber in Berührung mit dem kalten Sperrwasser rasch bis zur Condensation abgekühlt. Ist Wasserstoff und Sauerstoff genau im Raumverhältnisse von 2: 1 gemengt, so bleibt nach der Verpuffung kein Gas übrig; beträgt das Volumen des Wasserstoffs mehr, als das Doppelte des Sauerstoffs, so bleibt etwas Wasserstoff übrig; beträgt hingegen das Volumen des Sauerstoffgases mehr als die Hälfte vom Volumen des Wasserstoffgases, so bleibt Sauerstoffgas übrig. Von dem nach der Verpuffung verschwundenen Gasvolumen ist $^1/_3$ Sauerstoff, $^2/_3$ Wasserstoff gewesen.

Das Wasser besteht aus Wasserstoffgas und Sauerstoffgas, die dem Raume nach im Verhältnisse von 2:1, folglich dem Gewichte nach im Verhältnisse 1:8 zusammentreten. 100 Theile Wasser enthalten:

Sauerstoff . .	89,
Wasserstoff . .	11.

Die Darstellungsmethoden des Wasserstoffgases (§. 104) finden nun ihre einfachen Erklärungen. Die Zersetzung des Wasserdampfes durch glühendes Eisen beruht auf einfacher Wahlverwandtschaft, indem das Eisen dem Wasser den Sauerstoff entzieht, sich oxydirt, und Wasserstoff frei macht. Die Zersetzung des Wassers durch Zink und Schwefelsäure beruht auf prädisponirender Wahlverwandtschaft (§. 96) in folgender Weise:



Digitized by Google

Eigenschaften des Wassers. Das reine Wasser hat weder Farbe, noch Geruch, noch Geschmack; sein Gefrierpunkt und sein Siedepunkt bestimmen die Normalpunkte des Thermometers (vergl. §. 58). Es dehnt sich beim Erstarren aus; die Dichte des Eises ist 0,95. Als Dampf nimmt das Wasser einen 1250mal größeren Raum ein, als im tropfbar-flüssigen Zustande; die Dichte des Wasserdampfes ist nur 0,0008, wenn die Dichte von gleich warmen Wasser zur Einheit genommen wird. Ueber die Dichte des Wassers bei verschiedenen Temperaturen und über die Spannkraft seiner Dämpfe sind bereits in §. 62 und 69 Tabellen gegeben. §. 110.

Das Wasser nimmt alle Gase durch Absorption in sich auf, aber in sehr ungleichen Mengen (vergl. §. 56). Es ist das am allgemeinsten anwendbare Auflösungsmittel für anorganische, wie für organische Stoffe.

Es verbindet sich mit Basen und Säuren und bildet damit die Hydrate. In den Hydraten der Basen spielt es die Rolle der Säure und wird durch sie verdrängt oder ersetzt, in den Hydraten der Säuren die Rolle der Basis.

Viele Stoffe nehmen bei der Ausscheidung aus wässerigen Lösungen Wasser als Krystallwasser auf, in der Regel um so mehr, je niedriger die Temperatur während der Krystallisation ist. Die Salze, welche Krystallwasser enthalten, verlieren dasselbe ganz oder theilweise, entweder erst bei höherer Temperatur, oder schon bei niedriger. Sie werden dabei undurchsichtig und mürbe, sie verwittern.

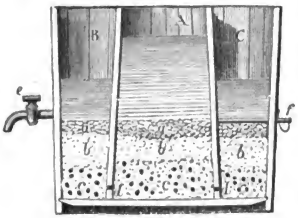
Das Wasser ist an der Erde sehr verbreitet. Als Dampf ist es in der Atmosphäre aufgelöst; tropfbar-flüssig bildet es in Form kleiner Bläschen die Wolken, fällt als Regen nieder, fließt in Bächen und Flüssen, füllt die Becken der Seen und überdeckt als Weltmeer $^3/_4$ der Erdoberfläche; in starrer Form bildet es Eis, Schnee und Hagel, überzieht auch im Sommer die höheren Gebirge mit ewigem Schnee, und senkt sich von da aus in den Gletschern thalabwärts.

Alles tropfbar-flüssige Wasser ist mit den Gasarten geschwängert, mit denen es in Berührung kommt, kann jedoch durch anhaltendes Kochen davon befreit werden. Außerdem enthält es fremde Stoffe aufgeschwemmt und aufgelöst; von den ersten wird es durch Filtriren, von den anderen durch Destilliren getrennt.

Das Filtriren des Wassers ist eine Sache von großer Bedeutung, weil man an vielen Orten für die gewöhnlichen Haushaltungszwecke ein trübes, wohl gar übel riechendes und gefärbtes Wasser benutzen muß. Einen

Digitized by Google

Fig. 161.



sehr einfachen und vorzüglichen Filtrir-Apparat zeigt Fig. 161. Er besteht aus 2 Holzkübeln, von denen der eine *A* in dem anderen *B* steckt, und welche am Boden durch Löcher *d* mit einander communiciren. In beiden befinden sich schichtweise zu oberst Grus (*a*), dann grober Sand (*b*), und zu unterst feiner Flußsand (*c*), mit nußgroßen Kohlenstücken gemengt. Das zu filtrirende Wasser wird in das innere Gefäß gegossen; es geht zuerst durch die angegebenen porösen Schichten abwärts, tritt dann in das äußere Gefäß, und steigt wieder aufwärts, um klar und geruchlos aus dem Hahne *e* auszufließen. Die aufgeschwemmten Bestandtheile sind zwischen den Sandkörnern zurückgeblieben, Riech- und Farbstoffe sind von der Kohle aufgenommen worden (vergl. §. 115). Hat sich der Apparat nach längerem Gebrauche verschlämmt, so geht das Filtriren langsamer; man reinigt ihn dadurch, daß man in entgegengesetzter Richtung filtrirt und das sehr trübe Wasser aus dem inneren Kübel durch eine gewöhnlich verstopfte Querröhre *f* ausfließen läßt.

Die im gewöhnlichen Wasser aufgelösten Stoffe bleiben bei vorsichtiger Destillation in der Blase zurück. Wendet man eine kupferne Blase, einen zinnernen Helm und ein gläsernes Kühlrohr an, so ist das aus den Dämpfen condensirte Wasser fast völlig rein, und wird als sogenanntes *destillirtes Wasser* in allen Fällen angewandt, wo man reines Wasser braucht.

Am wenigsten aufgelöste Stoffe enthält das Regen- und Schneewasser, weit mehr das Wasser der Flüsse, Seen und Quellen. Das Meerwasser enthält so viel fremde Salze (im Mittel 3,5%), daß es danach widerwärtig salzig schmeckt, Durst und Diarrhoe erzeugt. Das gute Trinkwasser verdankt dem absorbirten Sauerstoffgase und der Kohlensäure seinen erfrischenden Geschmack; ganz reines Wasser schmeckt fade, und Fische können darin nicht leben.

§. 111. **Wasserstoffhyperoxyd.** Es giebt noch eine zweite Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff, das *Wasserstoffhyperoxyd*, welches besteht aus:

6 Wasserstoff,
94 Sauerstoff.

Es ist eine farb- und geruchlose tropfbare Flüssigkeit von der Dichte 1, 45, welche bei — 24° R. oder — 30° C. noch nicht erstarrt und schwerer,

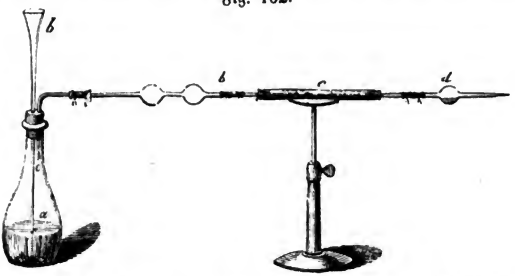
Digitized by Google

als Waſſer, verdampft. Sie ſchmeckt herb und bitter und zerſetzt ſich ſehr leicht in Waſſer und Sauerſtoff.

Desoxydation durch Waſſerſtoffgas. Die chemiſche Verwandtſchaft, durch welche Sauerſtoff und Waſſerſtoff im Waſſer mit einander verbunden ſind, iſt ſo energiſch, daß viele Oxyde ihren Sauerſtoff unter Bildung von Waſſer ganz oder theilweiſe abgeben, wenn ſie glühend einem Strome von Waſſerſtoffgas ausgeſetzt werden. Das Waſſerſtoffgas gehört zu den kräftigſten Desoxydationsmitteln (ſ. S. 186). §. 112.

Sehr leicht iſt die vollſtändige Desoxydation des Kupferoxydes zu erreichen. Daſſelbe befindet ſich gepulvert in der Kugel der Röhre *d*, Fig. 162,

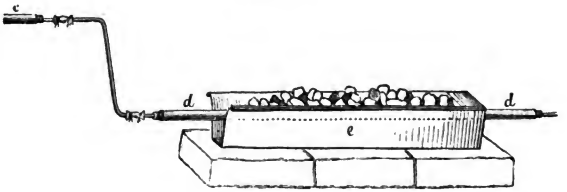
Fig. 162.



und wird durch eine gewöhnliche Spirituslampe bis zum Glühen erhitzt. Das Waſſerſtoffgas wird, wie oben angegeben, in der Flaſche *a* entwickelt, ſetzt in den Kugeln der Röhre *b* ſchon einen Theil des mit ihm gemengten Waſſerdampfes als Waſſer ab und wird vom Reſte durch das Chlorcalcium der Röhre *c* befreit.

Das Eiſenoxyd bedarf zu ſeiner vollſtändigen Desoxydation einer ſo hohen Temperatur, daß es nur in ſtarken Glasröhren oder beſſer in Porzellanröhren geglüht werden kann, welche in einem Kohlenfeuer liegen. In Fig. 163 ſtellt *c* das Ende der Chlorcalciumröhre vor; *d* iſt die Glühröhre, *e* ein rinnenförmiger Blechofen.

Fig. 163.



Digitized by Google

§. 113. **Vorkommen des Waſſerſtoffs.** Das Waſſerſtoffgas iſt ein Elementarſtoff, welcher zwar nur äußerſt ſparſam im unverbundenen Zuſtande auftritt, aber außer im Waſſer auch als Beſtandtheil faſt aller organiſchen Stoffe vorkommt.

---

3. Kohlenſtoff.

§. 114. **Vorkommen des Kohlenſtoffs.** Kein Elementarſtoff kommt unter ſo verſchiedenen äußeren Formen vor, als der Kohlenſtoff, nämlich als Diamant, Graphit und gemeine Kohle.

Der Diamant iſt der härteſte Edelſtein, der wegen ſeines Feuers und Farbenſpiels als Schmuckſtein am höchſten geſchätzt wird. Seine Dichte iſt 3,5 bis 3,6; er iſt theils farblos, theils licht gefärbt. Er findet ſich in kryſtalliniſchen Körnern beſonders im aufgeſchwemmten Lande von Oſtindien, Borneo und Braſilien, aber immer nur ſehr ſelten.

Verbreiteter iſt der Graphit; er bildet Lager, Gänge und Neſter im Granit, Gneiß, Glimmerſchiefer, Thonſchiefer, Porphyr und körnigen Kalkſtein; am reichlichſten und reinſten wird er in Cumberland gefunden. Er iſt milde, in dünnen Blättchen ſogar biegſam, eiſenſchwarz bis dunkelſtahlgrau und färbt ſtark ab. Die Dichte der reinen Graphitarten iſt ungefähr 2.

Auch künſtlich wird der Kohlenſtoff mit den Eigenſchaften des Graphits erhalten, ſo in den Retorten der Leuchtgasfabriken (ſ. §. 130) und im grauen Roheiſen.

Die gemeine Kohle bleibt als Rückſtand, wenn organiſche Subſtanzen anhaltend erhitzt, aber nicht völlig verbrannt werden. Dieſe Kohle iſt glänzend und blaſig, wenn ſie von ſolchen Stoffen herrührt, die vor der Verkohlung ſchmelzen, wie von fetten Steinkohlen oder von Zucker; unſchmelzbare Stoffe hingegen geben eine matte Kohle, in der die organiſchen Formen erhalten ſind. Mit denſelben Eigenſchaften, nur als ſehr fein vertheiltes Pulver ſcheidet ſich Kohlenſtoff bei der gewöhnlichen Verbrennung von Harz, Oel und dergleichen aus der Flamme aus und iſt bekannt unter dem Namen Kienruß oder Lampenſchwarz. Auch der im älteren Gebirge an vielen Orten vorkommende Anthracit iſt zur gemeinen Kohle zu rechnen. Die Dichte der gemeinen Kohle iſt im Mittel 1,5; ſchwankt aber ſehr beträchtlich je nach der Temperatur, bei welcher ſie dargeſtellt wurde, im Allgemeinen ſteigt ſie mit dieſer Temperatur.

Den reinſten Kohlenſtoff bietet der Diamant, dem höchſtens 0,15 %

Digitized by Google

Fremdartiges beigemengt ist. Der Graphit ist nach Verschiedenheit des Fundortes bald mehr, bald weniger verunreinigt. Diamant und Graphit haben das mit einander gemein, daß sie außer Kohlenstoff nur Unverbrennliches, welches als Asche zurückbleibt, enthalten. Die gemeine Kohle enthält außer der Asche des verkohlten organischen Stoffes auch stets ein wenig Wasserstoff und Sauerstoff, auch Stickstoff, wenn derselbe unter die Bestandtheile der verkohlten Substanz gehörte. Eine je höhere Temperatur bei der Verkohlung stattfand, desto mehr nähert sich die dabei entstandene gemeine Kohle dem Graphit.

Eigenschaften des Kohlenstoffs. Der Kohlenstoff ist in allen Formen seines Vorkommens unschmelzbar und unverdampfbar. §. 1

Bei gewöhnlicher Temperatur ist er in der Luft unveränderlich. Bis zum Glühen erhitzt verbrennt er, jedoch ungleich leicht, am leichtesten als gemeine Kohle, am schwersten als Graphit.

Die gemeine Kohle ist ausgezeichnet durch ihr Absorptionvermögen gegen Gase, worüber in §. 49 das Nähere bereits angegeben ist. Ausgeglühte Holzkohlen, überhaupt alle gemeinen Kohlen von mattem, erdigem Aussehen, besitzen außerdem die wichtige Eigenschaft, organische Farbstoffe und Riechstoffe, brenzliches Oel, verschiedene Salze und verschiedene andere Stoffe aus Flüssigkeiten aufzunehmen. Sie wirkt in dieser Beziehung um so kräftiger, je feiner man sie mechanisch vertheilt. Beimengungen, die für sich unwirksam sind, steigern diese Kraft oft sehr bedeutend. So übertrifft die Knochenkohle oder das Beinschwarz bei weitem die Holzkohle, obgleich nur $^1/_{10}$ ihrer Masse stickstoffhaltige Kohle ist, das Uebrige meist phosphorsaure und kohlensaure Kalkerde. Noch kräftiger wirkt die Kohle besonders stickstoffhaltiger organischer Substanzen, die man vor der Verkohlung mit verschiedenen Salzen gemengt hat, auch wenn diese Salze nachher aus ihnen durch Auswaschen entfernt worden sind. Dabei scheint weder der Stickstoffgehalt der Kohle, noch ihr Salzgehalt und die Art des Salzes zu entscheiden, sondern die feinere Vertheilung, welche dadurch erzeugt worden ist, daß sich das beigemengte Salz sehr gleichmäßig zwischen den einzelnen Kohlentheilchen hindurchgezogen hat.

Folgende Tabelle zeigt die entfärbenden Kräfte verschiedener Kohlen.

Digitized by Google

Tabelle über die entfärbende Kraft verschiedener Kohlen.

Ursprung der Kohle	Entfärbende Kraft	
	auf Indigolösung	auf braunen Sirup
Blut, mit Pottasche gemengt	500	200
» mit Kreide gemengt	180	110
Eiweiß	340	156
Stärkemehl	106	88
Ruß, nochmals geglüht	40	33
» mit Pottasche gemengt und nochmals geglüht	152	106
Knochenkohle, nachträglich mit Chlorwasserstoffsäure und Pottaschenlösung behandelt	450	200
Knochenkohle, nachträglich mit Chlorwasserstoffsäure behandelt	19	16
Knochenkohle	10	10

§. 116. **Anwendungen des Kohlenstoffs.** Die eben angegebenen Eigenschaften machen den Kohlenstoff zu mancherlei technischen Zwecken anwendbar.

Der Diamant wird außer zum Schmuck wegen seiner Härte auch zum Schneiden des Glases und zum Graviren gebraucht.

Der Graphit ist das Material für Anfertigung von Bleistiften und Schmelztiegeln (Passauer oder Ypser Tiegeln). Die besten Bleistifte sind aus dichtem Graphit geschnitten; die minder kostbaren Sorten sind aus fein geriebenem und geglühtem, dann mit feinem Thone, wohl auch mit Kienruß versetztem und nach dem Formen abermals geglühtem Graphit verfertigt. Der minder gute Graphit, mit dem doppelten Gewichte feuerfesten Thones zu einem Brei zerrieben, wird zu Tiegeln geformt, die nach scharfem Trocknen zum Schmelzen der Metalle dienen, namentlich des Goldes und Silbers. Die schlechtesten Graphitarten werden als Schwärze verwendet.

Der Gebrauch der gemeinen Kohle zum Heizen ist allgemein; sie liefert aber auch das gewöhnlichste Material zum Schwarzfärben solcher Gegenstände, die dem Feuer nicht ausgesetzt werden; mannichfach versetzt, ist sie die Grundlage der Schuhwichse, gemeinen Schwärze und der chinesischen Tusche.

Kohlenpulver ist in der Darstellung der meisten organischen Stoffe unentbehrlich, um ihnen die letzten färbenden Beimengungen zu nehmen.

Digitized by Google

Die Knochenkohle findet in der Zuckersiederei eine ausgedehnte Anwendung zur Entfärbung des Sirups.

Verbreitung des Kohlenstoffs. Der Kohlenstoff ist ein im Haushalte der Natur sehr wichtiges und verbreitetes Element. Außer im isolirten Zustande findet er sich mit anderen Elementen verbunden in allen organischen Stoffen und in ihren Zersetzungsproducten, wie Torf, Braun- und Steinkohle, und macht auch, mit Sauerstoff zu Kohlensäure verbunden, einen Bestandtheil vieler Gebirgsarten und der Luft aus. §. 117.

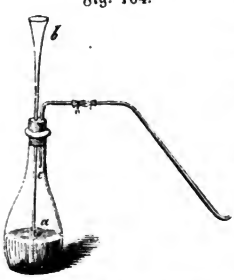
Oxydationsstufen des Kohlenstoffs. Der Kohlenstoff verbindet sich mit dem Sauerstoffe in zwei Verhältnissen; er liefert ein neutrales Oxyd, das Kohlenoxydgas, und ein saures, die Kohlensäure. §. 118.

Das Kohlenoxydgas besteht aus 100 Kohlenstoff und 133 Sauerstoff.
Die Kohlensäure » » 100 » » 266 »

Einige andere Oxyde des Kohlenstoffs gehören in die Reihe der organischen Verbindungen.

Kohlensäure. Reiner Kohlenstoff, wie Zuckerkohle, verflüchtigt sich bei der Verbrennung vollständig und liefert bei ungehindertem Luftzutritte, oder überhaupt, wenn ihm eine hinreichende Menge von Sauerstoffgas geboten wird, Kohlensäuregas. Bei dieser Verbrennung wird das verbrauchte Sauerstoffgas durch ein gleiches Volum Kohlensäuregas ersetzt; geschieht also die Verbrennung in einer abgeschlossenen Sauerstoffgasmasse, so wird das Volumen derselben durch ihre Verwandlung in Kohlensäure nicht geändert. Dasselbe Oxyd erhält man, wenn man Kohle mit einer loseren Sauerstoffverbindung zusammenbringt; denn die Kohle gehört, wie der Wasserstoff, zu den kräftigsten Desoxydationsmitteln. Am leichtesten erhält man aber die Kohlensäure bei der Zersetzung der Kreide, d. i. der kohlensauren Kalkerde durch verdünnte Schwefelsäure oder Chlorwasserstoffsäure. Die Kreide kommt gröblich gepulvert in die Flasche *a*, Fig. 164, und wird mit Wasser übergossen. Nachdem der Kork aufgesetzt ist, wird die Säure durch die Trichterröhre *b* zugegeben, aber nur in kleinen Portionen, damit die Gasentwicklung nicht zu stürmisch wird. Um 100 Gewichtstheile Kohlensäure zu erhalten, müssen 227 Gewichtstheile Kreide zersetzt werden. §. 119.

Fig. 164.

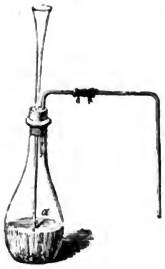


Das Kohlensäuregas ist farblos und hat einen schwach stechenden Geruch. Seine Dichte ist 1,529; es sinkt deshalb in der atmosphärischen Luft unter, ehe es sich mit ihr durch Diffusion mengt, und füllt, wo es sich fortwährend und reichlich

Digitized by Google

entwickelt, die unteren Räume aus. Ein cylindrisches Gefäß kann man daher auf die Weise mit Kohlensäuregas füllen, daß man das Gasleitungsrohr, Fig. 165, abwärts bis auf den Boden gehen läßt.

Fig. 165.



Das Kohlensäuregas kann condensirt werden, bedarf aber dazu einer sehr starken Zusammendrückung; es condensirt sich

bei —80° C. unter dem Drucke von 1,2 Atmosphären
» —40° C. » » » » 11,1 »
» 0° » » » » 38,5 »

Die tropfbar-flüssige Kohlensäure ist wasserhell, mit der Luft in Verbindung gesetzt, verdampft sie sehr rasch und bindet dabei sehr viel Wärme. Läßt man die Dämpfe durch eine enge Oeffnung austreten, so steigert sich hier wegen der raschen Ausdehnung der Dämpfe die Kälte so sehr, daß ein Theil derselben, als schneeähnliche Masse erstarrt, am Rande der Oeffnung zurückbleibt. Diese starre Kohlensäure verdampft an der Luft, ohne vorher zu schmelzen.

Das Kohlensäuregas wird von den meisten Flüssigkeiten reichlich absorbirt (vergl. S. 89). Wasser nimmt durch Absorption etwas mehr, als sein gleiches Volumen davon auf und bildet damit eine Flüssigkeit, welche eine Dichte von 1,0018 hat, stechend, schwach säuerlich schmeckt und Lackmuspapier vorübergehend röthet. Das Kohlensäuregas kann deshalb zwar über Wasser ohne großen Verlust aufgesammelt, aber nicht lange darüber aufbewahrt werden. Alles Wasser hat nach längerer Berührung mit der Luft Kohlensäure angezogen und verdankt ihm seinen frischen Geschmack, ganz reines Wasser ist im höchsten Grade fade. Viele Mineralquellen, die sogenannten Säuerlinge, sind mit Kohlensäure beladen.

Das Kohlensäuregas ist weder brennbar, noch kann es den Verbrennungsproceß unterhalten. Senkt man eine brennende Kerze in Kohlensäuregas, oder kehrt man einen mit Kohlensäuregas gefüllten Cylinder über einer brennenden Kerze um, so verlischt sie.

Auch zum Einathmen ist das Kohlensäuregas völlig untauglich; es gehört aber mit zu den ausgeathmeten Gasen. In reiner Kohlensäure werden warmblütige Thiere schnell betäubt und ersticken. Eine kohlensäurehaltige Luft, in welcher ein Licht brennen kann, betäubt einen Menschen zwar nicht sogleich beim Einathmen, aber selbst bei einem Gehalte von 2 % ist stundenlanges Einathmen mit bedenklichen Zufällen verbunden.

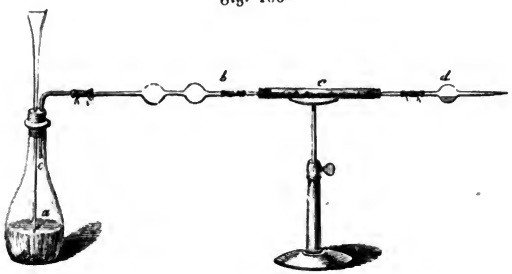
Die Kohlensäure verbindet sich mit allen basischen Oxyden zu kohlensauren Salzen, mit einigen, wie Kali, Kalkerde, sehr rasch, so daß ein

Digitized by Google

kohlensäurehaltiger Luftstrom beim Durchstreichen durch eine Lösung von Kali oder Kalkerde aller Kohlensäure beraubt wird. Die Kohlensäure wird jedoch aus den meisten ihrer Salze durch Glühen ausgetrieben, aus allen durch andere Säuren. In den neutralen kohlensauren Salzen beträgt der Sauerstoffgehalt der Kohlensäure das Doppelte von demjenigen der Basis; diese, so wie die basischen kohlensauren Salze, sind in Wasser meistens unlöslich; dagegen lösen sich alle sauren Salze in Wasser auf.

Die Kohlensäure gehört zu den festesten Verbindungen des Sauerstoffs; sie kann nur schwierig desoxydirt werden. Eine vollständige Desoxydation findet Statt, wenn man trockenes Kohlensäuregas über erhitztes Kalium führt. Die Kohlensäure wird in der Flasche *a*, Fig. 166, entwickelt, in

Fig. 166



den Kugeln der Röhre *b* wird schon ein Theil der Feuchtigkeit abgesetzt, der Rest derselben bleibt im Chlorcalcium des Rohres *c* zurück. Das Kalium befindet sich in der Kugel *d;* während es erhitzt wird, streicht trockenes Kohlensäuregas darüber; ein Theil davon giebt seinen Sauerstoff an das Kalium ab zur Bildung von Kaliumoxyd, ein anderer Theil verbindet sich mit dem gebildeten Kaliumoxyd; Kohle wird abgeschieden.

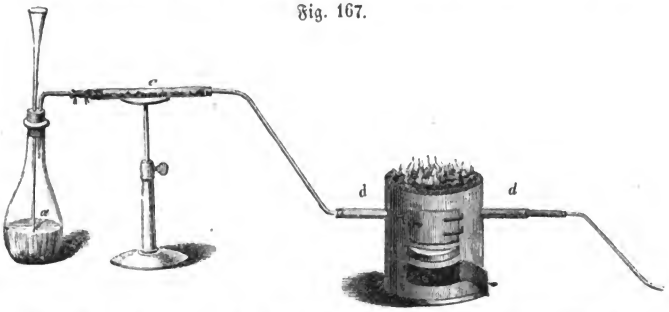
Eine unvollständige Desoxydation der Kohlensäure zu Kohlenoxyd ist leicht zu erreichen. Die Kohlensäure giebt die Hälfte ihres Sauerstoffs an Wasserstoff ab, wenn durch ein Gemenge von beiden starke elektrische Funken geführt werden. Noch leichter geschieht dies, wenn sie langsam über glühende Kohle oder über ein glühendes Metall, wie Eisen, Zink, geleitet wird.

Den zu diesem Versuche dienlichen Apparat zeigt Fig. 167. Die Kohlenstücken oder das fein vertheilte Metall sind lose in einen Flinten-

Digitized by Google

lauf *d* eingefüllt, der durch ein Kohlenfeuer glühend gemacht wird. Die Kohlenſäure wird in einer Gasentbindungsflaſche *a* entwickelt und

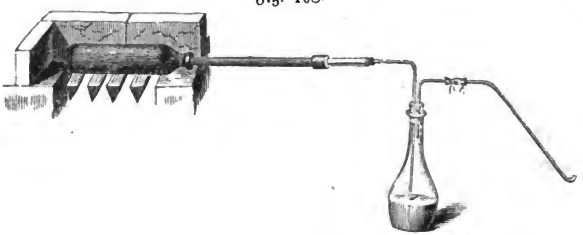
Fig. 167.



vor dem Eintritte in das Flintenrohr durch eine Chlorcalciumröhre *c* vollſtändig ausgetrocknet.

§ 120. **Kohlenoxydgas.** Das Kohlenoxydgas bildet ſich nicht blos, wie eben erwähnt, als ein Desoxydationsproduct der Kohlenſäure, ſondern auch als ein Oxydationsproduct der Kohle, wenn dieſer keine zur völligen Verbrennung hinreichende Menge von Sauerſtoff dargeboten iſt, oder wenn ſie mit ſolchen Oxyden zuſammen geglüht wird, welche ihren Sauerſtoff mit einer gewiſſen Kraft feſthalten, z. B. mit Eiſenoxyd oder Zinkoxyd, iſt aber in dieſem Falle ſtets mit Kohlenſäuregas vermengt. Das Glühen geſchieht am beſten in einem Flintenlaufe oder überhaupt einem eiſernen Gefäße, Fig. 168; in die Gasleitung ſchaltet man eine mit

Fig. 168.



Kalilöſung gefüllte Flaſche ein, in welche luftdicht zwei Röhren eingehen; die eine dieſer Röhren, welche mit dem Glühgefäße in Verbindung ſteht, reicht bis nahe auf den Boden der Flaſche, die andere aber nur in ſie hinein. Alles entwickelte Gas muß alſo durch die Kalilöſung in der

Digitized by Google

Flasche hindurchstreichen, ehe es aus dem Ende des Gasleitungsrohres entweicht, und läßt in dieser die Kohlensäure zurück. Eine Flasche der Art nennt man eine Waschflasche.

Auch das Wasser zersetzt sich, wenn es als Dampf über glühende Kohlen geführt wird; man erhält Wasserstoffgas, Kohlenoxydgas und kohlensaures Gas.

Das Kohlenoxyd ist endlich ein selten fehlender Bestandtheil der trockenen Destillationsproducte organischer Stoffe, d. h. es findet sich stets unter den Gasen, die sich bilden, wenn organische Stoffe ohne Luftzutritt geglüht werden.

Das Kohlenoxydgas ist farblos, hat eine Dichte von 0,968 und hat sich noch nicht condensiren lassen. Es ist mit blaßblauer, wenig leuchtender Flamme brennbar, unterhält aber nicht den Verbrennungsproceß. Eingeathmet wirkt es noch giftiger, als Kohlensäure, es erregt sogleich Schwindel und Anwandlung von Ohnmacht, selbst wenn es zum vierten Theile mit Luft versetzt ist.

Die blaue leckende Flamme, die sich über glühenden Kohlen zeigt, ist die Folge davon, daß sich der Kohlenstoff zunächst zu Kohlenoxydgas oxydirt, welches nachher vollends zu Kohlensäure verbrennt.

Das Kohlenoxyd gehört zu den neutralen Stoffen, es ist nicht verbindbar, weder mit Basen, noch mit Säuren.

Kohlenwasserstoffe. Verbindungen von Kohlenstoff und Wasserstoff §. 121. sind in der Natur sehr häufig; diejenigen aber, welche eine starre oder tropfbar-flüssige Aggregationsform haben, gehören sämmtlich in die Reihe der organischen Stoffe, sie finden sich besonders unter der Klasse der Fette und flüchtigen Oele. Unter den anorganischen Verbindungen dürfen blos zwei gasförmige neutrale Kohlenwasserstoffe aufgezählt werden, nämlich das schwere Kohlenwasserstoffgas und das leichte Kohlenwasserstoffgas.

Das schwere Kohlenwasserstoffgas besteht aus 100 Kohlenst. u. 16,6 Wasserst.
» leichte » » » 100 » » 33,3 »

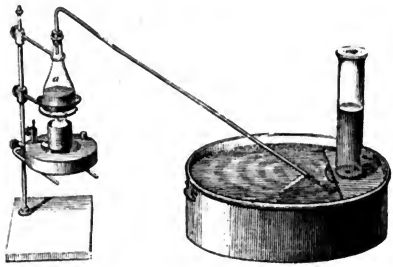
Schweres Kohlenwasserstoffgas. Das schwere Kohlenwas- §. 122. serstoffgas, Doppeltkohlenwasserstoffgas oder ölbildende Gas, bildet sich reichlich bei der trockenen Destillation solcher organischen Stoffe, die viel Kohlenstoff und Wasserstoff, dagegen wenig Sauerstoff enthalten, wie der Harze und Oele. Es macht einen wesentlichen Bestandtheil des fabrikmäßig dargestellten Leuchtgases aus.

Um dasselbe in kleinen Quantitäten rein darzustellen, erhitzt man ein Gemenge von einem Maße starken Weingeistes und 3 Maßen concentrirter

Digitized by Google

Schwefelſäure in einem geräumigen Kolben *a*, Fig. 169, bis es anfängt, ſich zu ſchwärzen, und ermäßigt dann die Hitze. Um 100 Gew.-Theile ſchweres Kohlenwaſſerſtoffgas zu erhalten, muß man 229 Gew.-Theile Alkohol zerſetzen; dieſe zerfallen dabei in 100 Kohlenwaſſerſtoffgas und 129 Waſſer. Die Schwefelſäure leitet hier die Zerſetzung ein, ohne ſelbſt mit den Zerſetzungsproducten zuſammenzutreten, oder in ſie überzugehen. Von einer Zerſetzung durch Wahlverwandtſchaft kann hier keine Rede ſein. Die Schwefelſäure wirkt ſchon dadurch, daß ſie bei etwa 160° C. mit dem Alkohol in Berührung kommt. Läßt man zu Schwefelſäure, die mit ſo viel Waſſer verſetzt iſt, daß ſie bei 160° C. ſiedet, fortwährend ſo viel achtzigprocentigen Spiritus zufließen, daß der Siedepunkt unverrückt bleibt, ſo kann eine unbeſtimmte Menge davon durch eine und dieſelbe Menge Schwefelſäure in obiger Weiſe zerſetzt werden. Man bezeichnet dieſe Art der Wirkung als eine Contactwirkung oder katalytiſche Wirkung, ohne jedoch eine einigermaßen genügende Erklärung dafür geben zu können. In der Chemie der organiſchen Stoffe, denen ſich der Alkohol als ein Umſetzungsproduct anſchließt, treten Contactwirkungen noch mannichfach auf. Stellt man jedoch den Verſuch der Kohlenwaſſerſtoffgasentwickelung in der oben zuerſt beſchriebenen Weiſe an, ſo findet nicht blos eine katalytiſche Einwirkung der Schwefelſäure auf den Alkohol Statt, ſondern neben ihr werden noch andere Zerſetzungen veranlaßt, auf denen die Bildung von ſchwefeliger Säure, des ſchwarzen Rückſtandes im Kolben, des Weinöls und Aethers beruht.

Fig. 169.



Das ſchwere Kohlenwaſſerſtoffgas iſt farblos, riecht eigenthümlich und hat die Dichte 0,985. Es kann zu einer farbloſen Flüſſigkeit condenſirt werden, ungefähr unter den Verhältniſſen des Drucks und der Temperatur, wie das Kohlenſäuregas.

100 Maße Waſſer nehmen davon durch Abſorption 15 Maße auf oder ungefähr 1/6; das Gas kann alſo ohne ſehr beträchtlichen Verluſt über

Digitized by Google

Wasser aufgefangen werden. — Das schwere Kohlenwasserstoffgas verbrennt mit hellleuchtender Flamme; den Verbrennungsproceß kann es eben so wenig unterhalten, wie andere brennbare Gasarten. Eingeathmet wirkt es sehr giftig.

Wird das schwere Kohlenwasserstoffgas durch eine glühende Röhre geleitet, so zerfällt es in Kohle, die zurückbleibt, und in leichtes Kohlenwasserstoffgas, bei höherer Temperatur in Kohle und Wasserstoffgas.

Leichtes Kohlenwasserstoffgas. Das leichte Kohlenwasserstoffgas, Sumpfgas oder Grubengas, ist nicht leicht rein zu erhalten, obgleich es häufig vorkommt. Es strömt an vielen Orten aus der Erde, füllt im comprimirten Zustande Spalten in den Steinkohlenlagern und bildet die feurigen Schwaden der Steinkohlengruben, entsteht stets bei der Verwesung organischer Substanzen unter Wasser und bei der trockenen Destillation derselben. Es ist der Hauptbestandtheil des Leuchtgases. §. 123

Mit Kohlensäure gemengt, erhält man das leichte Kohlenwasserstoffgas durch Aufrühren des Schlammes stehender sumpfiger Gewässer und Auffangen der aufsteigenden Gasblasen in einer mit Wasser gefüllten Flasche, in deren Hals unter Wasser ein Trichter gesteckt wurde. Vom Kohlensäuregas befreit man es leicht durch Schütteln mit Kalkmilch.

Dieses Gas ist ohne Farbe, Geruch und Geschmack. Seine Dichte ist 0,559. Durch die Mittel, welche bis jetzt zu Gebote stehen, ist es noch nicht condensirt worden. Es ist leicht entzündlich und brennt mit blaßgelblicher Flamme. Seine Entzündlichkeit ist jedoch geringer, als die des Wasserstoffgases und schweren Kohlenwasserstoffgases. Läßt man diese Gase in die Luft ausströmen und hält einen erhitzten Glasstab in den Strom, so muß derselbe hellroth glühen, um das leichte Kohlenwasserstoffgas anzubrennen, während für die anderen Gase dunkle Rothgluth hinreicht.

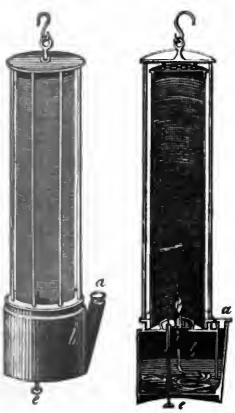
Böse Wetter in den Kohlengruben. Sicherheitslampe. Kohlensäuregas und leichtes Kohlenwasserstoffgas strömen, wie bereits erwähnt, an vielen Orten aus der Erde; sie entwickeln sich besonders reichlich in den Steinkohlenflötzen und würden das Innere der Steinkohlengruben bald mit einer Luft erfüllen, in der kein Mensch athmen und kein Licht brennen könnte, wenn man nicht durch die sogenannte Wetterführung dafür sorgte, daß ein frischer Luftstrom von außen in die Gruben eingeführt und dadurch die verdorbene Luft verdrängt wird. Diese Wetterführung ist in einem ausgedehnten Baue sehr schwierig, und die Entwickelung des Kohlenwasserstoffgases oft so plötzlich und mächtig, daß es mit der zugeführten atmosphärischen Luft ein entzündliches Gemenge erzeugt, ein schlagendes Wetter. Befinden sich Arbeiter in einem solchen §. 124

Digitized by Google

Theile der Grube, ſo erfolgt eine Entzündung der Grubenluft durch die bei der Arbeit nöthigen Lichter. Eine ſolche Entzündung iſt aber mit einer furchtbaren Exploſion verbunden. Die entzündeten Gaſe erſticken und verſengen alles Lebende in ihrem Bereiche; ſie ſuchen ſich auszudehnen, ſtürzen in die übrigen Räume des Baues, alles Leichtbewegliche niederwerfend, und finden endlich, mit Trümmern beladen, im nächſten Schachte einen Ausweg.

Nachdem man mancherlei Mittel verſucht, um derartigen Unglücksfällen vorzubeugen, aber ungenügend befunden hatte, wurde durch eine Exploſion, die in einer Grube bei Newcaſtle im Jahre 1812 mehr als hundert Menſchen tödtete, die Aufmerkſamkeit nochmals auf dieſen Gegenſtand geleitet. Der ausgezeichnete Chemiker Humphry Davy unterſuchte die Natur der ſchlagenden Wetter und fand, daß die Entzündung eines exploſiven Gemiſches von leichtem Kohlenwaſſerſtoffgas und atmoſphäriſcher Luft durch enge Metallröhren, ſo wie durch die Maſchen eines engen Metallſiebes nicht fortgeführt wird, indem das brennende Gas, in Berührung mit dem Metall, unter die Hellrothgluth abgekühlt wird, bei welcher ſeine Verbrennung erſt ſtattfindet. Dieſe Beobachtung führte ihn zur Entdeckung eines höchſt einfachen, dauerhaften und zugleich unfehlbaren Rettungsmittels, der ſogenannten Sicherheitslampe, deren einfachſte Form Fig. 170 zeigt. Die Blechbüchſe *b* dient als Oelbehälter, ſie iſt ſeitlich mit einer Röhre *a* verſehen, durch welche das nöthige Oel nachgefüllt wird, ohne daß dabei zugleich die äußere Luft eintreten kann. Mit dem Drahthaken *e* wird der Docht geputzt; derſelbe ſteckt beweglich in einer eng anſchließenden Röhre. Die Flamme iſt in einem cylindriſchen Drahtnetze eingeſchloſſen, welches am oberen Theile, wo es, wenn die Lampe lange im Gebrauche iſt, heiß werden muß, doppelt iſt; ſein unterer Rand iſt an einem Schraubenringe feſtgelöthet und wird dadurch feſt mit dem Oelbehälter verbunden. Das Drahtnetz nimmt man gewöhnlich von Eiſen und giebt ihm etwa 800 Maſchen auf den Quadratzoll. Nachdem der Docht der Sicherheitslampe angebrannt iſt, wird die Drahthülle aufgeſetzt und braucht während der Arbeit in der Grube nicht wieder abgenommen zu werden; denn das Putzen und Oelnachfüllen geſchieht von außen.

Fig. 170.



Digitized by Google

Taucht man eine brennende Sicherheitslampe in ein Gemisch von atmosphärischer Luft und wenig Grubengas, so tritt eine bemerkliche Vergrößerung der Flamme ein. Nimmt der Gehalt an Grubengas etwa auf 8 % zu, so entzündet sich die ganze Gasmasse innerhalb der Drahthülle und brennt mit einer schwachbläulichen Flamme fort, zugleich mit der Oelflamme. Beläuft sich die Menge des Grubengases auf 20 %, so verlischt die Oelflamme, das Gas aber brennt um so lebhafter, jedoch, ohne daß sich die Entzündung über das Drahtnetz hinaus verbreitet. Bei 30 % Grubengas verlischt endlich die Lampe ganz. Eine geringe Aufmerksamkeit auf die Lampe zeigt also dem Bergmanne an, ob schlagende Wetter am Arbeitsorte angehäuft sind, und erlaubt ihm sogar, sich einige Zeit mit dem Lichte aufzuhalten ohne Gefahr einer Explosion.

---

4. Brennstoffe.

Unter dem Namen Brennstoffe sollen hier alle Materialien zusammengefaßt werden, welche man verbrennt, um willkürlich Wärme oder Licht zu entwickeln. Derjenige Bestandtheil, welcher allen Brennstoffen als der hauptsächliche gemeinschaftlich ist, ist der Kohlenstoff; außerdem enthalten fast alle als einen die Verbrennung fördernden Bestandtheil auch Wasserstoff; die übrigen Bestandtheile, Sauerstoff, Stickstoff, Asche, sind unwesentlich. Alle Brennstoffe gehören in die Reihe der organischen Stoffe. Nach ihrem Gebrauche zerfallen sie in Heizstoffe und Leuchtstoffe. §. 125.

Zusammensetzung der rohen Heizstoffe. Heizstoffe von allgemeiner Anwendung sind Holz, Torf, Braun- und Steinkohle. §. 126.

Das frische Holz enthält im Durchschnitte ein Drittheil von seinem Gewichte Wasser, welches bei der Temperatur des Siedepunktes entweicht. Im lufttrockenen Zustande, in welchem das Holz gewöhnlich gebraucht wird, d. h. nach etwa zehnmonatlichem Liegen an der Luft, beträgt sein Wassergehalt noch immer ein Fünftheil, so daß von 100 Pfunden Holz nur etwa 80 Pfunde als wahrer Brennstoff in Rechnung zu bringen sind. Nachdem das Holz lufttrocken geworden ist, hat sich seine Dichte um etwa 0,4 vermindert. Sein trockener Theil enthält etwa $\frac{1}{70}$ vom Gewichte Unverbrennliches. Der verbrennliche Theil bei 100° getrockneter Hölzer hat die in der folgenden Tabelle angegebene Zusammensetzung.

Digitized by Google

Tabelle über die Zuſammenſetzung der trockenen Hölzer.

	Kohlenſtoff	Waſſerſtoff	Sauerſtoff mit etwas Stickſtoff
Steineiche . .	49,43	6,07	44,50
Buche . .	48,53	6,30	45,17
Birke . .	48,60	6,37	45,02
Tanne . .	49,95	6,41	43,65
Fichte . .	49,59	6,38	44,02
Kiefer . .	49,94	6,25	43,81
Linde . .	49,41	6,86	43,73

Im Allgemeinen wird man alſo bei völlig trockenem Holze 49 % oder die Hälfte ſeines Gewichtes als Kohlenſtoffgehalt annehmen können, bei lufttrockenem Holze, dem noch 20 % Waſſer anhängen, 40 %.

Der Torf iſt das Verweſungsproduct ſolcher Pflanzen, die auf einem ſehr naſſen Grunde wachſen, namentlich von Riedgräſern, Binſen und Mooſen. Er bildet ſich an Orten, an welchen ſich Waſſer anſammelt und bei gänzlich oder theilweiſe gehemmtem Abfluſſe längere Zeit ſtehen bleibt. Nach ſeinem Standorte, nach den Pflanzen, die zu ſeiner Entſtehung beigetragen haben, endlich nach ſeinem Alter, iſt der Torf ſehr verſchieden. Im jungen Torfe, wie im Raſentorfe, ſind die Formen der Pflanzen noch erhalten, ſeine Farbe iſt braun. Der ältere Torf iſt immer dunkler, ſchwarzbraun bis ſchwarz, erdig bis compact. Ueber den Waſſergehalt läßt ſich im Allgemeinen nichts ſagen. Die Dichte nimmt mit dem Alter zu; diejenige des jungen hellen Raſentorfes iſt 0,12, diejenige von altem Pechtorf 0,03. Während 1 Kubikfuß vom erſten kaum 8 Pfunde wiegt, wiegt 1 Kubikfuß vom letzten gegen 70 Pfunde. Je nachdem das Waſſer, welches die Entſtehung des Torfes veranlaßte, rein oder ſchlammig war, hinterläßt er 1 % bis 30 % Aſche. Der Kohlenſtoffgehalt des trockenen Torfes beträgt etwa 57 %, iſt alſo größer, als der der Hölzer. Ein ſehr alter Torf zeige, völlig trocken, die folgende Zuſammenſetzung: 57,03 Kohlenſtoff, 5,63 Waſſerſtoff, 31,76 Sauerſtoff mit etwas Stickſtoff, und 5,58 Aſche.

Die Braunkohle, auf welche in vielen Gegenden von Deutſchland ein ergiebiger Bergbau getrieben wird, ſteht hinſichtlich ihrer chemiſchen Zuſammenſetzung dem Torfe ſehr nahe. Sie iſt das Verweſungsproduct vorzüglich von Nadelhölzern und hat als bituminöſes Holz oder Lignit häufig vollkommenes Holzgefüge. Gewöhnlich iſt ſie jedoch compact oder

Digitized by Google

erdig. Ihre Dichte schwankt innerhalb ziemlich enger Grenzen, etwa von 1,2 bis 1,5, so daß ein Kubikfuß davon zwischen 80 und 100 Pfunden wiegt. Der Aschengehalt ist, wie beim Torfe, sehr verschieden. Als mittleren Kohlenstoffgehalt kann man 60 % annehmen, wie folgende Tabelle zeigt.

Tabelle über die Zusammensetzung der trockenen Braunkohle.

	Asche	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff mit etwas Stickstoff
Erdige Braunkohle v. Dar im Elsaß	4,99	70,49	5,59	18,93
Pechkohle vom Meißner in Hessen	2,40	56,60	4,75	27,15
Glanzkohle v. Ringkuhl in Hessen	2,76	66,11	4,82	18,51
Kohle von Helmstedt	6,72	68,57	4,84	19,87
Kohle von Schöningen . . .	7,54	64,80	4,54	23,12
Lignit von Usnach in der bayer. Ober-Pfalz	2,19	56,04	5,70	36,07
Lignit von Griechenland . .	9,02	61,20	5,00	24,78

Schon dem Aussehen nach unterscheidet sich die Steinkohle bestimmt von der Braunkohle; sie ist braunschwarz, grauschwarz oder schwarz; ihre Dichte steigt von 1,2 bis 1,7. Die Steinkohle kommt geschichtet, gewöhnlich mehrfach mit Schieferthon und Sandstein wechselnd, im älteren Gebirge vor. Aus den Abdrücken, mit denen die Oberfläche ihrer Schichten bedeckt ist, kann man mit Sicherheit schließen, daß in ihr die verwesteten Ueberreste einer vorweltlichen, besonders aus riesigen Farrenkräutern und Schachtelhalmen bestehenden, Flora begraben sind. Im Inneren zeigt die Steinkohle keine Spur von organischem Gefüge. Ihr mittlerer Kohlengehalt ist 85 %; ihr Aschengehalt ist sehr verschieden, er beträgt zwischen 1 % und 25 %.

Digitized by Google

Tabelle über die Zusammensetzung der Steinkohlen.

	Asche	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff mit etwas Stickstoff
Newcastle, Wylem Banks . .	13,92	74,82	6,18	5,08
» Garesfield	1,39	87,95	5,24	5,42
Hauptkohle von Glasgow . .	1,42	81,21	5,45	11,92
Kohle von Alais, Dep. du Gard	1,41	89,27	4,85	4,47
» » Commentry, Dep. l'Allier	9,24	83,72	5,29	11,75
Leopoldinengrube, Ober-Schlesien	20,89	73,88	2,76	2,47
Königsgrube, » »	0,63	78,39	3,21	17,77
Wellesweiler bei Saarbrücken .	7,37	81,32	3,21	8,11
Eschweiler	7,44	89,18	0,44	2,94
Anthracit, von Pennsylvanien .	4,67	90,45	2,43	2,45
» » Vizille, Dep. de l'Isère . .	1,20	94,09	1,85	2,85
» » Aachen . . .	0,94	91,98	3,92	3,16

Die Anthracitkohle entzündet sich von allen Heizstoffen am schwersten, entwickelt aber, einmal entzündet die meiste Wärme, sie ist von allen Heizstoffen am kohlenstoffreichsten und am sauerstoffärmsten. Da nun bei vielen technischen Gewerben die Erzeugung sehr hoher Temperaturen ein durchaus unumgängliches Bedürfniß ist, so hat man schon längst mit den anderen Heizstoffen solche Operationen vorgenommen, wodurch ihre Zusammensetzung derjenigen des Anthracites nahe gebracht, ihnen vorzüglich ihre natürliche Feuchtigkeit genommen und ihr Sauerstoffgehalt ermäßigt wird; man hat sie verkohlt.

§. 127. **Verkohlung der Heizstoffe.** Soll ein Heizstoff verkohlt werden, so setzt man ihn einer anhaltenden Glühhitze aus, verhindert, daß zu ihm, während er glüht, Luft hinzutritt, und läßt die sich entwickelnden Gase entweichen; man unterwirft ihn der trockenen Destillation. Der Heizstoff kann dann natürlich nicht verbrennen, weil der zur Verbrennung nöthige Sauerstoff fehlt; er wird aber so zersetzt, daß sich der Wasserstoff und Sauerstoff, mit einem Theile des Kohlenstoffs verbunden, als Gas von dem Reste des Kohlenstoffs, der als Kohle zurückbleibt, trennt. Die Heizstoffe sind nicht verdampfbar und deshalb auch nur bei gewöhnlicher Temperatur feste chemische Verbindungen. Die chemische Verwandtschaft,

Digitized by Google

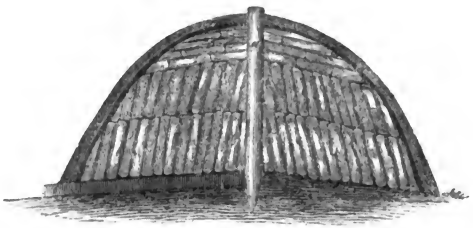
wodurch Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in ihnen verbunden sind, nimmt an Stärke ab, wenn man die Temperatur steigert, und wird durch die stärkere Verwandtschaft dieser Elemente in anderen und zwar verdampfbaren Verbindungen überboten. Die Heizstoffe müssen deshalb bei höherer Temperatur in andere Verbindungen zerfallen, die sich gasförmig von ihnen trennen. Die einfachsten und zugleich vorherrschenden unter diesen Verbindungen sind Wasser und Kohlenwasserstoffe; die zusammengesetzteren enthalten Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zugleich. Sieht man von den sehr mannichfaltigen zusammengesetzteren Producten der trockenen Destillation ab, so ist der Vorgang ungefähr folgender. Der Sauerstoff des Heizstoffs tritt mit Wasserstoff zusammen zu Wasserdampf und ist darin mit einer Gewichtsmenge Wasserstoff verbunden, welche den achten Theil seines eigenen Gewichtes ausmacht. Nach den Angaben des vorigen §. beträgt aber der Wasserstoffgehalt in allen Heizstoffen mehr als ein Achtel des Sauerstoffgehaltes. Es muß also Wasserstoff übrig bleiben, der nun zur Bildung von irgend einem Kohlenwasserstoff Veranlassung giebt, ohne jedoch den Kohlenstoffgehalt bei dessen überwiegender Menge ganz aufnehmen zu können; der Rest des Kohlenstoffgehaltes, also immer nur ein Theil vom ganzen Kohlenstoffgehalte, bleibt als Kohle zurück.

Die Verkohlung des Holzes in den sogenannten Meilern ist eine seit länger als 2000 Jahren bekannte und geübte Kunst, welche ihren Zweck auf eine höchst einfache Weise erreicht, durch welche aber nur Holzkohlen gewonnen werden, während die übrigen Producte der trockenen Destillation des Holzes verloren gehen, die freilich in manchen Gegenden auch nur einen sehr geringen Werth haben. Die Meilerverkohlung wird im Freien ausgeführt, an Orten, die den Holzschlägen nahe liegen und zugleich vor starkem Winde möglichst geschützt sind. Die Meilerstätte wird geebnet und zur Abhaltung der Feuchtigkeit mit klarem Kohlenabfalle, sogenannter Kohlenlösche, einige Zoll hoch beworfen. In der Mitte der Meilerstätte wird entweder ein dicker Pflock, oder drei durch Zweige verbundene Stäbe, die zwischen sich einen freien Raum lassen, der Quandel, eingesteckt. Um den Quandel *a*, Fig. 171 (a. f. S.), wird das Holz concentrisch aufgeschichtet, so daß es möglichst dicht und fest auf einander liegt. Der ganze Holzhaufe hat eine nahe halbkugelige Form. Er wird zuerst mit einer Decke von losgeschältem Rasen, die Erdseite nach außen, dicht umlegt und dann noch mit befeuchteter Kohlenlösche oder Erde überschüttet, nur am Fuße bleibt die Decke vor der Hand noch weg. Hierauf wird der Meiler angezündet und zwar von der Mitte aus, in welche die Brände bei Anwendung eines Quandelpflocks durch einen horizontalen Canal, der am Boden frei gelassen ist, bei Anwendung

Digitized by Google

von Quandelſtäben durch den zwiſchen ihnen frei gebliebenen Raum eingebracht werden. Die erſte Folge der Entzündung und Erwärmung des

Fig 171.



Holzes im Meiler iſt das Verdampfen des anhängenden Waſſers, welches als dicker Qualm durch die Wände des Meilers dringt, und bei zu raſcher Handhabung des Feuers den ganzen Meiler mit Exploſion auseinanderwerfen würde. Wird der Rauch lichter, ſo verſieht man auch den Fuß des Meilers mit einer Decke und geſtattet den Deſtillationsproducten durch einzelne Löcher freien Abzug, die zuerſt unten, ſpäter auch oben in die Decke eingeſtoßen werden. Die Verkohlung iſt beendet, wenn nicht mehr Dämpfe, ſondern Flammen aus den Löchern hervorbrechen. Die größte Schwierigkeit bei der Meilerverkohlung erwächſt einestheils aus dem ſtarken Schwinden und Zuſammenſinken des Holzes, in Folge deſſen Riſſe in der Decke entſtehen, die ſogleich ausgebeſſert werden müſſen, anderentheils daraus, daß die Verkohlung nicht nach allen Richtungen gleichmäßig fortſchreitet. Findet das Einſinken der Decke an einer Stelle ſtärker Statt, als an einer anderen, ſo hat ſich die Verkohlung einſeitig mehr entwickelt und wird dadurch wieder auf die gehörige Gleichmäßigkeit zurückgeführt, daß man an den geſunkenen Stellen die Erwärmung durch Verſtärkung der Decke dämpft und an die nicht geſunkenen Stellen durch eingeſtoßene Zuglöcher hinleitet. Ueberall, wo Flammen hervorbrechen, werden die Löcher durch Löſche verſtopft, bis der Meiler unter einer gänzlich geſchloſſenen Decke ſteht. So bleibt er noch einen Tag zum Abkühlen in Ruhe. Dann wird die Decke ſtellenweiſe geöffnet, durch die Oeffnung ein Theil der Kohlen herausgezogen und durch Ueberſchütten mit Sand oder Waſſer gelöſcht. Die Meilerdecke wird jedesmal wieder zugeworfen, weil ein längerer Luftzutritt die heißen Kohlen leicht in Brand ſetzen könnte.

Eine gut geleitete Meilerverkohlung liefert 20 %, vom Gewichte des angewandten lufttrockenen Holzes Kohle, während die trockene Deſtillation

Digitized by Google

in einem ganz geschlossenen Gefäße 25 % liefert. Dieser Verlust von 5 % ist aber blos ein scheinbarer, die 5 % Kohle verbrennen, um die zur trockenen Destillation erforderliche Wärme zu erzeugen.

Eine langsame Verkohlung wird immer eine reichere Ausbeute ergeben, als eine rasche; auch bei Erhitzung in ganz geschlossenen Räumen beträgt der Unterschied im Mittel 10 %.

Rechnet man die Luft in den Poren mit hinzu, so ist die Dichte verschiedener Kohlen folgende:

Birkenkohle . . .	0,203
Rothbuchen . . .	0,187
Weißbuchen . . .	0,183
Rothtannen . . .	0,176
Eichen	0,155
Erlen	0,134.

Frisch bereitete Kohlen nehmen beim Liegen an der Luft bis 20 % am Gewichte zu, indem sie besonders Wasserdampf absorbiren. Sie verlieren dabei an Entzündlichkeit, gewinnen aber an Heizkraft.

Der Torf kann ebenfalls sehr gut in Meilern verkohlt werden; die rechtwinkelige Form seiner Ziegeln erleichtert das Aufsetzen der Meiler, ihre geringere Entzündlichkeit die Beaufsichtigung. Nur das Löschen der Kohlen ist mißlich, weil sie sehr mürbe sind und leicht zu einem unbrauchbaren Grus zerfallen.

Gute Torfsorten geben im Mittel 27 % Kohlen dem Gewichte nach und etwas mehr nach dem Volumen. Sehr aschenreicher Torf ist zum Verkohlen deshalb untauglich, weil sich die Asche in der Kohle zu sehr anhäuft.

Die Braunkohle ist am wenigsten zum Verkohlen geeignet, weil sie sich dabei zu fein zersplittert.

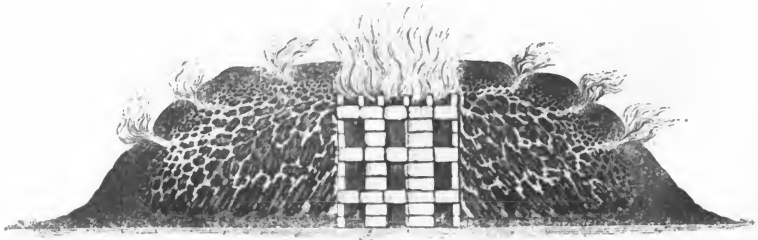
Das Product der Steinkohlen-Verkohlung ist unter dem Namen Kok (englisch coke) bekannt. Die Anthracitkohlen sind gewissermaßen natürliche Koks.

Die Verkohlung der Steinkohlen erfordert weniger Aufmerksamkeit, als die des Holzes. Sie wird auf verschiedene Weise ausgeführt, je nach der Menge des zu verarbeitenden Materials. Man kann Meiler aus Steinkohlen errichten, die aber erst dann eine Decke von Lösche und Asche erhalten, wenn der Qualm und die Flamme nachlassen, oder wenn sich sogar die Oberfläche mit einer Aschendecke überzieht. Nachdem sich der Meiler ein paar Tage unter Bedeckung abgekühlt hat, zieht man die Koks heraus und löscht sie mit Wasser. Bei dieser Operation ist besonders darauf zu achten, daß die Erhitzung und Verkohlung von innen nach außen vor sich geht, damit nicht die äußeren Kohlenschichten schon voll-

Digitized by Google

ſtändig verbrennen, ehe die inneren in Koks verwandelt ſind. Man ſetzt deshalb mit Vortheil, wie es Fig. 172 zeigt, eine mit vielen Seiten-

Fig. 172.



öffnungen verſehene Eſſe anſtatt eines Quandels in die Mitte des Meilers, beginnt von hier aus die Entzündung und giebt ſogleich eine Decke mit Zuglöchern.

Eine durchſchnittlich größere Ausbeute giebt die Anwendung von Koköfen. Eine der gebräuchlichſten Einrichtungen zeigt Fig. 173 in der Anſicht, Fig. 174 im horizontalen Durchſchnitte. In ihr ſind vier Oefen

Fig. 173.

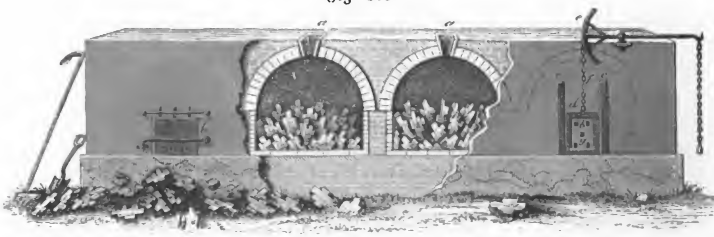
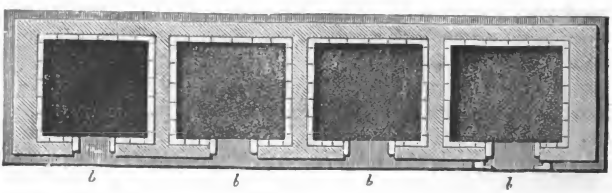


Fig. 174.



Digitized by Google

mit einander verbunden. Der einzelne Ofen iſt ein feuerfeſtes Gewölbe von 10′ Tiefe, 12′ Breite und 10′ Höhe. Durch den Mittelpunkt des Gewölbes geht eine mit Eiſen verkleidete Oeffnung *a* von 4′ in's Gevierte. Die Arbeit geht ununterbrochen fort, ſo daß die Oefen nie kalt werden. Durch die Thür *b* werden etwa 80 Centner Steinkohlen eingetragen, welche den Ofen bis zur Baſis des Gewölbes füllen, ſo daß Raum genug zum Aufblähen übrig bleibt. Sobald die Thüren geſchloſſen ſind, fangen die Kohlen an zu brennen; denn die Ofenwände ſind von dem vorherigen Brande noch rothglühend. Nach drei Stunden iſt die Verbrennung der Kohlen ſo lebhaft, daß man einige Zuglöcher in der Thür verſtreicht; nach 12 Stunden werden alle Oeffnungen in der Thür geſchloſſen. Der Ofen bleibt aber noch 12 Stunden in Ruhe, und während deſſen entweicht der Reſt der gasförmigen Deſtillationsproducte durch die Oeffnung. Sodann wird die Thür geöffnet, die glühenden Kohlen raſch herausgezogen und mit Waſſer gelöſcht. Der Ofen iſt zu einer neuen Beſchickung bereit.

Das Gewicht der Koks macht etwa 60—65 % vom Gewichte der Steinkohle aus bei Anwendung von Oefen, 45—50 % bei Anwendung von Meilern, endlich 40—45 % bei Anwendung von Haufen.

Die Koks bilden urſprünglich eine zuſammenhängende Maſſe, die ſich beim Erkalten zerklüftet, ſie iſt porös oder vielmehr fein blaſig. Die Oefen liefern dichtere Koks, als die Meiler und Haufen, obgleich im erſten Falle das Volum zugenommen, im zweiten abgenommen hat.

Uebrigens verhalten ſich nicht alle Steinkohlen gleich. Die Backkohlen erweichen bei der Zerſetzung und hinterlaſſen einen Kok mit mehr oder weniger Spuren der Schmelzung; getrennte Stücke backen feſt zuſammen. Die Sinterkohlen kleben zwar zuſammen, laſſen aber keine völlige Schmelzung erkennen. Endlich die Sandkohlen behalten, ähnlich dem Holze, als Koks ihre frühere Form.

Verbrennung der Heizſtoffe. Obgleich der verbrennliche Theil der Heizſtoffe nur Kohlenſtoff, Waſſerſtoff und Sauerſtoff enthält, denn der Stickſtoffgehalt iſt zu gering, um berückſichtigt zu werden, ſo iſt die Verbrennung ſelbſt doch ein ziemlich verwickelter Vorgang. Allerdings ſind die Verbrennungsproducte bei hinreichendem Luftzutritte und hinreichender Erhitzung nur Kohlenſäure und Waſſer; aber beide bilden ſich nicht direct aus dem Brennſtoffe. Die Oxydation findet nur auf der Oberfläche Statt; durch die dabei entwickelte Wärme wird der Heizſtoff erhitzt, und die unter der Oberfläche liegenden Theile, zu denen dem Sauerſtoffe der Luft kein Zutritt geſtattet iſt, erleiden eine trockene Deſtillation, deren gasförmige Producte zunächſt verbrennen, während die zurückbleibende Kohle ſpäter verzehrt wird. §. 128.

Digitized by Google

Bei der Verbrennung besonders wasserstoff- und sauerstoffreicher Heizstoffe lassen sich deshalb zwei Perioden unterscheiden. Während der ersten Periode ist die trockene Destillation besonders thätig, ihre Producte geben eine hohe, flackernde, leuchtende Flamme, von dem kohligen Rückstande verbrennt wenig, weil er von den sich reichlich entwickelnden, leichter entzündlichen Gasen eingehüllt ist. In der zweiten Periode findet die Verbrennung der während der ersten Periode erzeugten Kohle mit niedriger, kaum leuchtender Flamme Statt. Schiebt man über einen brennenden Holzspahn der Fig. 175 nach und nach, so wie die Flamme nachläßt, eine Probirröhre, so findet blos die erste Periode der Verbrennung Statt, die Verbrennung mit leuchtender Flamme, und nach Entfernung der gasförmigen Producte der trockenen Destillation bleibt Kohle zurück.

Fig. 175.

Je größer der Wasserstoff- und Sauerstoffgehalt eines Heizmaterials ist, desto länger dauert die erste Periode. Stoffe, welche aus denselben Elementen, wie die Heizstoffe, zusammengesetzt sind, und welche bei der trockenen Destillation nur gasförmige Producte geben, wie Oel und noch mehr Alkohol, zeigen nur die Verbrennungsweise der ersten Periode; bei weichem Holze herrscht sie wenigstens vor. Solche Heizstoffe geben ihre Hitze sehr schnell, halten aber nicht nach. Je mehr hingegen der Kohlenstoff in der Zusammensetzung des Heizmaterials überwiegt, desto eher ist die erste Verbrennungsperiode abgeschlossen; verkohlte Heizmaterialien beginnen sogleich mit der zweiten Verbrennungsperiode. Derartige Heizstoffe entwickeln bei langsamerer Entzündung und Verbrennung ihre Wärme langsamer, sind aber auch in ihrer Wirkung um so nachhaltiger. Durch Zertheilung, also Vergrößerung der Oberfläche, kann die Schnelligkeit ihrer Verbrennung bis zu einem gewissen Grade beschleunigt werden. Klar geschlagenes, hartes Holz brennt wie weiches Holz; Braunkohle, in nußgroßen Stücken angewandt, giebt eine Flamme, wie Holz. Sägespähne dagegen und Kohlenklein verbrennen gar nicht.

Werden, wie dies gewöhnlich bei der Heizung der Fall ist, große Massen von Heizstoffen nach und nach verbrannt, so daß die Entzündung nicht überall gleichzeitig eintritt, so vermischen sich natürlich beide Perioden mit einander. Hängt überdies den Heizstoffen viel Wasser an, so vermehrt dieses die Flamme, indem es sich, in Berührung mit den glühenden verkohlten Theilen des Brennstoffs, zersetzt in Wasserstoffgas und Kohlenoxydgas (vergl. §. 120), die beide, mit der eindringenden Luft zusammentreffend, flammend verbrennen. Heizstoffe, die keinen natür-

Digitized by Google

lichen Wassergehalt besitzen, und für sich vorzüglich die Verbrennungsweise der zweiten Periode erleiden, wie Steinkohlen, geben dann eine hohe Flamme, wenn man ihnen Wasserdampf zuführt.

Heizkraft der verschiedenen Heizstoffe. Die Heizkraft eines Heizstoffs beruht darauf, daß bei seiner Verbrennung, d. h. durch den chemischen Proceß der Oxydation seiner Bestandtheile, Wärme entwickelt und zunächst von den gasförmigen Oxydationsproducten aufgenommen wird. Die Frage nach einem richtigen Maße der Heizkraft ist für die Bedürfnisse des Lebens von der größten Wichtigkeit, man hat sie daher mehrfach zu beantworten gesucht. §. 129.

Da die Verbrennung eine Oxydation ist, so glaubte man, es müsse in eben dem Maße mehr Wärme entwickelt werden, als mehr Sauerstoff dabei in den gebundenen Zustand überginge, oder mehr Sauerstoff dabei verzehrt würde. Man suchte deshalb nur zu bestimmen, wie viel Sauerstoff von verschiedenen Heizstoffen zur vollkommenen Verbrennung erforderlich sei, und setzte die Heizkräfte den verbrauchten Sauerstoffmengen gleich. Allein dieses Maß für die Heizkraft giebt nur eine sehr allgemeine Annäherung an die Wahrheit, wie sich aus den folgenden Thatsachen herausstellt. Verbrennt Kohle bei unzulänglichem Zutritte von Sauerstoffgas zu Kohlenoxyd, so nimmt es halb so viel Sauerstoff auf, als wenn es zu Kohlensäure verbrennt (vergl. §. 119 und 120). Man sollte also erwarten, daß bei der Verbrennung von Kohle zu Kohlenoxydgas halb so viel Wärme entwickelt würde, als bei der Verbrennung zu Kohlensäure, oder auch, daß bei der Bildung von Kohlensäure aus Kohle die entwickelte Wärme doppelt so groß sei, als bei der Bildung aus Kohlenoxyd. Diese Erwartung wird jedoch durch den Versuch nicht bestätigt, vielmehr geben die zuverlässigsten Beobachtungen die erste Wärmemenge viermal so groß, als die zweite. Ferner ist die Wärme, welche bei der Verbrennung von Wasserstoffgas und Kohle mit gleich viel Sauerstoff frei wird, nicht gleich, sondern steht etwa im Verhältnisse von 10 zu 13.

Um Angaben zu erhalten, die von jeder unsicheren Voraussetzung frei sind, muß man sich für diesen Zweck eines ähnlichen Mittels bedienen, wie bei der Bestimmung der Verdampfungswärme von Flüssigkeiten. Man muß sehen, um wie viel eine gewogene Menge Wasser erwärmt wird durch die Wärme, welche durch die Verbrennung einer gewogenen Menge von Heizstoff geliefert wird. Man bezeichnet dann wieder die Wärmemenge, welche eine Gewichtsmenge Wasser in seiner Temperatur um 1^{0} C. erhöht, als eine Wärmeeinheit, wie dies bereits früher geschehen ist (vergl. S. 151), und erhält dadurch allgemein vergleichbare Resultate. Die bei Erwärmung von Wasser thätige Wärmemenge nimmt dann zu in dem Verhältnisse, in welchem mehrere

Digitized by Google

Gewichtstheile die Wärme aufnahmen, und eben ſo in dem Verhältniſſe, in welchem die Temperaturzunahme mehr Grade betrug. Nimmt man das Pfund als die Einheit des Gewichtes, ſo ſind 120 Wärmeeinheiten verbraucht, wenn 8 Pfunde Waſſer von 15° C. auf 30° C., alſo um 15° C., erwärmt worden ſind; denn $15 \times 8 = 120$.

Den einfachſten für dieſen Zweck verwandten Apparat, das Rumford'ſche Calorimeter, zeigt Fig. 176. Ein großer Blechkaſten *A* iſt mit Waſſer gefüllt, deſſen Temperatur an einem feinen Thermometer *t* abgeſehen werden kann. Durch das Waſſer geht ein Schlangenrohr *s*, welches unter dem Kaſten eine trichterförmige Oeffnung *c* hat. Dieſer Trichter dient dazu, die Gaſe, welche bei der vollſtändigen Verbrennung eines Heizſtoffs entwickelt worden ſind, und die Verbrennungswärme mit ſich fortführen, aufzufangen und durch die Schlange zu leiten, um ihre Wärme dieſer und dem umgebenden Waſſer mitzutheilen. Aus der Menge und der Temperaturerhöhung des Waſſers im Kaſten *A* erfährt man die Verbrennungswärme, darf aber auch die Menge und Temperatur der aus dem Schlangenrohre austretenden Gaſe nicht unberückſichtigt laſſen. Auf dieſe Weiſe ſind folgende Reſultate erhalten worden.

Fig. 176.

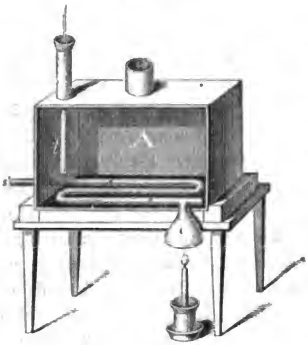


Tabelle über die Heizkraft oder Verbrennungswärme verſchiedener Stoffe.

Bei vollſtändiger Verbrennung liefert eine Gewichtseinheit	Wärmeeinheiten
Buchenholz, 4 bis 5 Jahre alt . . .	3379,8
» gedörrt	3647,6
Eichenholz, gut lufttrocken	2921,0
Fichtenholz, lufttrocken	3032,2
» ofentrocken	3737,9
» braun gedörrt	3335,8
Kohlenſtoff	7269,0
Waſſerſtoff	34472,0
Leichtes Kohlenwaſſerſtoffgas	13190,0
Schweres »	11975,0

Digitized by Google

Obgleich die Zahlen dieser Tabelle auch nur als Annäherungen an die Wahrheit angesehen werden dürfen, so springen doch einige Hauptunterschiede sogleich in die Augen.

Zunächst hat das ganz trockene Holz eine viel größere Heizkraft, als das gewöhnliche, lufttrockene. Diese Differenz ist leicht zu erklären, indem 1 Pfund lufttrockenes Holz 0,2 Pfund Wasser zurückhält, welches während der Verbrennung verdampft und dabei Wärme bindet. Die Verdampfungswärme des Wassers ist 540 (vergl. §. 68), folglich brauchen 0,2 Pfund Wasser $540 \cdot 0{,}2 = 108$ Wärmeeinheiten, um in Dampf verwandelt zu werden, abgesehen davon, daß dieses Wasser zuerst auf 100^0 erwärmt werden muß. Man sieht hieraus, welchen Vortheil es darbietet, wenn man das Holz so trocken als möglich zum Heizen anwendet.

Ferner ist die Verbrennungswärme des Kohlenstoffs für sich und des Wasserstoffs für sich viel bedeutender, als die Verbrennungswärme des Holzes, welches außer ihnen nur noch Sauerstoff enthält. Der Sauerstoff, welcher in der Zusammensetzung des Holzes schon mit begriffen ist, kann also bei seinem Uebergange in neue Verbindungen keine Wärme entwickeln, und mindert deshalb die Heizkraft des Holzes in doppelter Weise, weil er zugleich einen Theil des Wasserstoffs nutzlos an sich zieht. Trockenes Buchenholz z. B. hat eine Verbrennungswärme von 3647; es besteht nach S. 210, aus 48,53 % Kohlenstoff, 6,30 % Wasserstoff und 45,17 % Sauerstoff. Die 45,17 % Sauerstoff bedürfen $\frac{45{,}17}{8} = 5{,}6$ % Wasserstoff, um Wasser zu bilden (vergl. §. 109); diese 5,6 % Wasserstoff gehen also verloren, ohne Wärme zu liefern. Zur Wärmeerzeugung bleibt nur 0,7 % Wasserstoff, und dieser würde für sich verbrannt geben $0{,}007 \cdot 34472 = 241$ Wärmeeinheiten. Der Kohlenstoffgehalt für sich liefert $0{,}485 \cdot 7269 = 3525$ Wärmeeinheiten. Nach Abscheidung des Sauerstoffs mit einer entsprechenden Menge Wasserstoff bleibt also die Verbrennungswärme des trockenen Buchenholzes nach dieser Rechnung $3525 + 241 = 3766$; eine Zahl, die mit der durch den unmittelbaren Versuch gegebenen 3647 noch nahe genug übereinstimmt, wenn man bedenkt, daß Holz in groben Spähnen nie vollkommen ausgetrocknet werden kann.

Auch der große Vorzug, der die Kohle als Heizstoff vor anderen Heizstoffen auszeichnet, ist aus den Zahlen der Tabelle ohne weitere Erklärung bemerkbar.

Kein verbrennlicher Stoff kommt aber dem Wasserstoff nahe, welcher bei gleichem Gewichte nahe fünfmal mehr Wärme liefert, als der Kohlenstoff. Die Hitze des Knallgasgebläses ist ja auch auf keine andere Weise bis jetzt erreicht, wenn man die erwärmende Wirkung des elektrischen Stromes ausschließt.

Digitized by Google

Die Verbrennungswärme, wie ſie hier angegeben iſt, kann jedoch nur als äußerſte in der Praxis zwar erreichbare, aber nicht erreichte Grenze der Heizkraft angeſehen werden. Beſonders die zuſammengeſetzteren Heizſtoffe werden weit hinter ihr zurückbleiben. Man braucht nur daran zu denken, welche Menge von Producten der trockenen Deſtillation mit dem Rauche unverbrannt in die Eſſe kommen, ſich theils in ihr als Ruß anſetzen, theils noch aus ihr entweichen. Auch die beſteingerichteten Feuerungen können noch keine vollſtändige Verbrennung der Heizmaterialien zu Stande bringen.

§. 130. **Zuſammenſetzung und Verbrennung der Leuchtſtoffe:** Die überall gebräuchlichen Leuchtſtoffe ſind Talg, Wachs, Stearinſäure und fette Oele. Ihre Zuſammenſetzung unterſcheidet ſich von derjenigen der Heizſtoffe dadurch, daß der Kohlenſtoffgehalt etwas mehr als drei Viertheile ausmacht, und daß der Sauerſtoffgehalt gegen den Waſſerſtoffgehalt ſehr zurücktritt. Die folgenden Beiſpiele zeigen dieſes Verhältniß deutlich genug. In hundert Theilen iſt zuſammengeſetzt:

	Kohlenſtoff	Waſſerſtoff	Sauerſtoff
Hammeltalg aus . . .	77	13	9
Wachs » . . .	82	14	4
Stearinſäure » . . .	76	12	12
Fette Oele im Mittel aus	78	11	11

Die erwähnten Leuchtſtoffe ſind nicht verdampfbar, zerſetzen ſich aber ſehr leicht, wenn ſie erhitzt werden, und liefern gasförmige Deſtillationsproducte, welche ſich an der Luft leicht und mit ſtark leuchtender Flamme entzünden. Die Urſache dieſes intenſiven Lichtes iſt in mehreren Umſtänden leicht aufzufinden. Unter den trockenen Deſtillationsproducten herrſchen Kohlenwaſſerſtoffe vor. Dieſe zerſetzen ſich bei der hohen Temperatur der Flamme in Kohle und Waſſerſtoffgas (vergl. §. 122 und 123). Der von außen eindringende Sauerſtoff bemächtigt ſich zunächſt des Waſſerſtoffs, während die Kohle ſo lange unverbrannt bleibt, bis ſie am Rande der Flamme mit mehr Sauerſtoff in Berührung tritt. Die ausgeſchiedene Kohle iſt alſo der ſtarre Stoff, durch deſſen Glühen das Leuchten der Flamme bedingt wird (vergl. §. 103). Und das Leuchtvermögen der Flamme beruht auf einem beſchränkten Luftzutritte zu ihrem Inneren, der nur in dem Maße ſtattfindet, daß durch Oxydation des Waſſerſtoffs und eines kleinen Theiles der Kohle die gehörige Weißglühhitze erhalten wird. Kommt die Flamme mit zu wenig Luft in Berührung, ſo iſt ihre Wärme-

Digitized by Google

entwickelung zu schwach, um den in ihrem Inneren ausgeschiedenen Kohlenstoff in helle Weißgluth zu versetzen, sie reicht nur zur Erzeugung von Rothgluth hin, und läßt zuletzt den Kohlenstoff mit einer Temperatur an den Rand der Flamme gelangen, bei der seine Verbrennung nicht mehr eintritt. Eine solche Flamme brennt düster und setzt Ruß ab.

Die genannten Leuchtstoffe bedürfen zu ihrer Zersetzung in brennbare Gase einer so hohen Temperatur, daß sie nicht unmittelbar entzündet werden können, sondern dazu eines fremden heißen Körpers bedürfen, dem sie in kleinen Quantitäten zugeführt werden, eines Dochtes.

Entzündet man den Docht einer Kerze, Fig. 177, so wird dadurch der oberste Theil derselben erwärmt. Der Leuchtstoff schmilzt um den Docht herum und wird von den Poren desselben aufgesaugt. Die Spitze des Dochtes ist aber durch die Entzündung erhitzt und in Kohle verwandelt; indem der flüssige Leuchtstoff damit in Berührung kommt, wird er in gasförmige Destillationsproducte zersetzt, die wegen ihrer hohen Temperatur vom Dochte aufsteigen, und sich da, wo sie sich mit atmosphärischer Luft mischen, entzünden. Die Verbrennung der aufsteigenden Gasmasse erfolgt vom Rande aus; sie ist hier vollständig, so daß sich Wasser und Kohlensäure bilden, also lauter Gase, die trotz ihrer hohen Temperatur wenig Licht entwickeln. Der Kern der aufsteigenden Gasmasse erhält eine zu seiner vollständigen Verbrennung unzureichende Sauerstoffmenge, indem die von außen eindringende Luft bereits in den Randschichten den größten Theil ihres Sauerstoffs zurückgelassen hat. In diesem Kerne findet also die Verbrennung unter den vorhin angegebenen Bedingungen Statt. Die Temperatur ist hoch genug, um den Kohlenwasserstoff in Wasserstoff und Kohle zu zersetzen. Die Sauerstoffmenge reicht nur hin, um den Wasserstoff zu Wasser und den einen Theil des Kohlenstoffs zu Kohlenoxyd zu verbrennen, der andere größere Theil des Kohlenstoffs schwebt glühend in der Flamme. Zunächst über dem Dochte ist ein Raum, bis zu welchem gar kein Sauerstoff gelangt, in dem also auch keine Verbrennung eintritt.

Fig. 177.

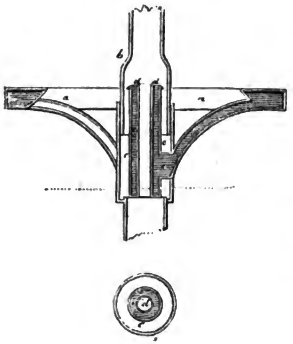
Alle diese Theile zusammen bilden die eigentliche Flamme, Fig. 177. Ueber dem Dochte bei *f* erkennt man durch die äußeren Schichten hindurch einen nichtleuchtenden Raum, bis zu welchem die Verbrennung nicht hindurchdringt. Ueber ihm und zum Theil um ihn herum breitet sich der eigentlich leuchtende Flammentheil *e* aus, in welchem die Verbrennung nur unvollständig ist. Endlich ist die ganze Flamme mit einem Mantel *g* um-

Digitized by Google

geben, in welchem die Verbrennung vollständig ist; dieser Mantel leuchtet schwach und mit blauem Lichte, welches von verbrennendem Kohlenoxydgas herrührt.

Eine Kerzenflamme kann über die in der Praxis übliche Grenze mit Vortheil nicht vergrößert werden; bei größerem Durchmesser wird ihr von außen nicht genug Sauerstoff zugeführt, sie fängt an, zu rauchen. Weit umfassender ist die Anwendung des Oeles, welches an flachen und hohlen Dochten gebrannt werden kann, so daß die Ausdehnung der Flamme nur durch vermehrte Breite, aber nicht durch vermehrte Dicke vergrößert wird. Den meisten Vortheil gewähren die hohlen Dochte, wenn sie in den zuerst von Argand empfohlenen ringförmigen Hülsen verbrannt werden, indem die Verbrennung durch einen doppelten, sowohl von innen, als von außen einwirkenden Luftzuzug sehr begünstigt wird. Fig. 178 zeigt die damit versehene Astrallampe; die Dochthülse wird durch zwei in einander gesteckte Cylinder *c* und *d* gebildet; der ringförmige Oelbehälter ist durch den Quercanal *i* mit der Dochthülse verbunden. Hauptsächlich, um den Luftzug gleichmäßig und die Flamme ruhig zu erhalten, ist ein cylindrischer Schlot von Glas, ein Zugglas über die Flamme gesetzt. Dieses Zugglas ist gewöhnlich unmittelbar über der Flamme bei *b* eingezogen; dadurch wird der Luftzug schräg in die Flamme hineingetrieben und facht sie an. Das Zugglas verstärkt aber auch zugleich den Luftzug und beschleunigt dadurch die Verbrennung, wie ein jeder Schlot (vergl. §. 75).

Fig. 178.



§. 131. **Leuchtgas.** Aehnliche Gasgemenge, wie sie von dem heißen Dochte einer Kerze oder Lampe aufsteigen, lassen sich auch aus anderen und zwar weniger kostspieligen Materialien, als den im vorigen §. genannten Leuchtstoffen ganz im Großen, durch trockene Destillation darstellen. Vor allen eignet sich zu diesem Zwecke die Steinkohle, und unter diesen nimmt wieder die Kännelkohle den ersten Rang ein. Man hat zwar auch andere Materialien angewandt, wie namentlich Oel, Fett und Harz, welche ein weit heller brennendes und reineres Gas liefern, allein doch nur unter besonderen Verhältnissen Vortheile vor der Steinkohle voraushaben. Der Preis des Oeles ist meistens zu hoch, selbst wenn man ganz unreines verwendet, und die Herbeischaffung so großer Quantitäten unreinen, zu an-

Digitized by Google

deren Zwecken unbrauchbaren Oeles ist zu schwierig, als daß die Oelgasbeleuchtung die Beleuchtung durch Steinkohlengas verdrängen könnte. Die Anwendung von unreinem Harz oder Fett ist aus denselben Gründen und an Orten, wo Steinkohlen leicht zu haben sind, nicht gestattet.

Das Glühen der Steinkohlen geschieht in eisernen Röhren, sogenannten Gasretorten, die deshalb aus zwei Stücken zusammengesetzt sind, weil der dem Feuer ausgesetzte Theil auch bei einer Wanddicke von einem Zoll bald abgenutzt wird. Diese Röhren sind am vorderen Ende mit einem dicht schließenden, aber leicht ab- und anzulegenden Deckel *d*, Fig 179, bedeckt, der durch eine Schraube *w* festgehalten wird. Sie liegen gewöhnlich zu fünfen in einem Ofen, wie Fig. 180, im Durchschnitt, Fig. 181

Fig. 179.

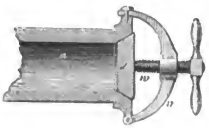
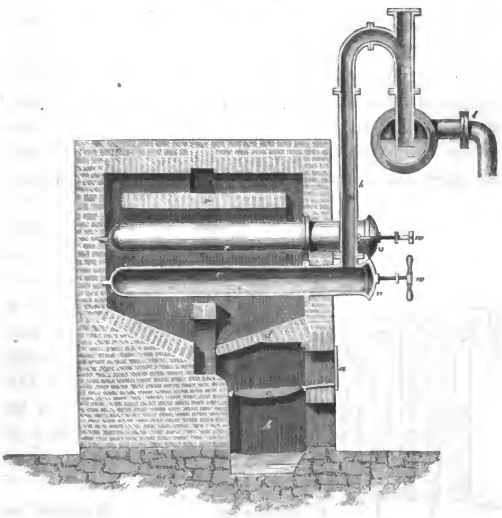


Fig. 180.

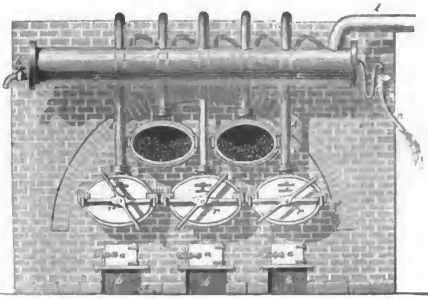


in einer Ansicht von vorn zeigt. Beim Gebrauche sind sie halb mit Kohlen gefüllt. Von jeder Glühröhre geht ein Rohr *h* zur Abführung der gasförmigen Destillationsproducte aufwärts und mündet in der gemeinschaftlichen Vorlage *i*, in welcher sich ein Theil der Gase als

Digitized by Google

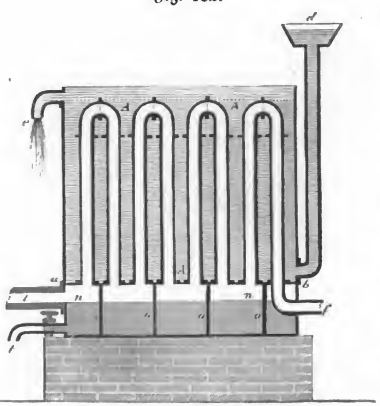
Steinkohlentheer condensirt, und darin bis zur halben Höhe des Durchmessers stehen bleibt. Die Mündungen der Gasleitungsröhren *h*

Fig. 181.



befinden sich alle unter dem Niveau des Steinkohlentheeres und sind dadurch so abgesperrt, daß jede Gasretorte einzeln geöffnet und beschickt werden kann, ohne den Gang der anderen zu stören. Das Rohr *m* führt den überschüssigen Theer in einen besonderen Behälter; das Rohr *l* führt das Gas weiter. Diesem sind noch immer viel Theerdämpfe beigemengt, von denen es durch Abkühlung im Condensator befreit wird. Die bekannteste Form des Condensators, Fig. 182, ist ein eiserner Kasten *A*,

Fig. 182.



zu dem kaltes Wasser durch die Trichterröhre *d* zufließt. Das Gas tritt durch die Röhre *f* ein und muß mehrfach den Weg durch kalte Röhren machen; der condensirte Theer sammelt sich in den Räumen *n*; Gas und Theer gehen durch das Rohr *l* weiter.

Nachdem das Gas den Condensator verlassen hat, enthält es außer verschiedenen Kohlenwasserstoffen, von denen allein die Lichter-

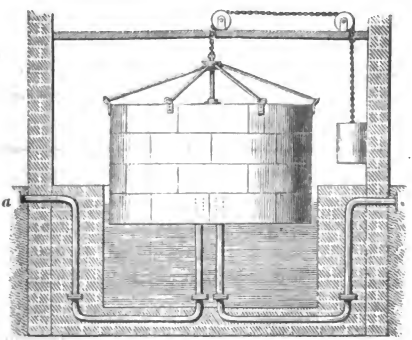
Digitized by Google

zeugung ausgeht, und einigen Beſtandtheilen, die zwar zur Lichtentwickelung wenig oder nichts beitragen, aber doch nur inſofern ſchädlich wirken, als ſie das Leuchtgas verdünnen, wie Kohlenoxyde, Waſſerſtoff und Stickſtoffgas, auch noch einige andere Beſtandtheile, deren Verbrennungsproducte geradezu ſchädlich wirken, wie z. B. Schwefelwaſſerſtoff, welche daher aus dem Gaſe vor dieſem Gebrauche entfernt werden müſſen. Dieſer Reinigungsproceß iſt noch auf keine dem Zweck einfach und völlig entſprechende Weiſe ausgeführt worden. Im Allgemeinen führt man das Gas fein vertheilt durch Flüſſigkeiten, welche die ſchädlichen Beſtandtheile zurückhalten; man wäſcht es, am gewöhnlichſten mit Kalkmilch, und ſorgt wenigſtens dafür, daß der Schwefelwaſſerſtoff vollſtändig entfernt werde.

Das Steinkohlengas iſt nun zum Gebrauche fertig, es wird in größeren Reſervoirs, Gaſometern, geſammelt, um von da aus vermöge eines ſchwachen Druckes, der jedoch nicht mehr als 0,″1 bis 0,″15 Queckſilber beträgt, in metallenen Leitungsröhren an die Verbrauchsorte zu gelangen und aus den Brennern auszuſtrömen.

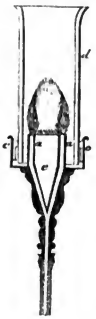
Die Einrichtung der gewöhnlichen Gaſometer zeigt Fig. 183. Eine ausgemauerte runde Grube iſt mit Waſſer gefüllt. Die Gaszuleitungsröhre und die Gasableitungsröhre treten von unten durch das Waſſer hindurch und münden knapp über deſſen Oberfläche. Eine unten offene, übrigens luftdichte Blechtrommel, iſt anfangs bis auf den Boden der Grube hinabgeſenkt und wird emporgehoben, ſo wie ſich das Gas unter ihr anſammelt. Soll das Gas verbraucht werden, ſo wird die Gasableitungsröhre mit den Fortleitungsröhren in Verbindung geſetzt. Das Gaſometer ſenkt ſich von ſelbſt, da ſein Gewicht durch das am anderen Ende der Kette befindliche Gegengewicht nicht ganz ausgeglichen iſt, und veranlaßt das Gas mit dem bereits angegebenen Ueberdrucke zur Ausſtrömung.

Fig. 183.



Digitized by Google

Fig. 184.



Die Röhren, welche das Gas fortleiten, sind in ihrer Haupterstreckung von Gußeisen; sie werden so tief unter die Erde gebracht, daß sie bedeutenden Temperaturveränderungen nicht ausgesetzt sind. Von den Hauptröhrenleitungen gehen engere Röhren aus Messing, Kupfer oder Blei nach den einzelnen Verbrauchsstellen.

Die Enden der Röhren, durch welche das Gas ausströmt, um angebrannt zu werden, die Brenner, haben sehr enge Oeffnungen; die Zuleitungsröhre ist immer mit einem kleinen Hahn versehen, wodurch man es in seiner Gewalt hat, die Größe der Flamme zu reguliren. Gewöhnlich hat ein Brenner mehr als eine Ausströmungsöffnung. Zum Zwecke der Zimmerbeleuchtung vereinigt man jedoch mit Vortheil für die Lichtentwickelung die Flammen mehrerer Oeffnungen durch einen Argand'schen Brenner, Fig. 184 und 185, zu einer ringförmigen Flamme.

Fig. 185.

Die Zusammensetzung des Leuchtgases ist während einer Destillation nicht immer dieselbe. Die Untersuchung von Steinkohlengas hat zu folgenden Resultaten geführt:

Zusammensetzung des Gases aus Kännelkohle.

	Schweres Kohlenwasserstoffgas u. mit ihm gleich zusammengesetzte Dämpfe	Leichtes Kohlenwasserstoffgas	Kohlenoxydgas	Wasserstoffgas	Stickstoffgas	Dichte desselben
1ste Probe	13	82,5	3,2	0,0	1,3	0,650
2te »	12	72	1,9	8,8	5,3	0,620
3 » »	12	58	12,3	16,0	1,7	0,630
4 » »	7	56	11,0	21,3	4,7	0,500
5 » »	0	20	10.0	60,0	10,0	0,345

Die erste, zweite, dritte und vierte Probe sind genommen, nachdem die Destillation 1, 2, 3 und 4 Stunden gewährt, die fünfte Probe aber erst nach zehnstündiger Dauer der Destillation. Das Wasserstoffgas ist ein durch die hohe Temperatur der Retorten veranlaßtes Zersetzungsproduct der Kohlenwasserstoffgase. Auch ein Theil des leichten Kohlenwasserstoffgases ist aus diesem Grunde aus schwerem Kohlenwasserstoffgas entstanden. Die Dämpfe von flüssigen Kohlenwasserstoffen, deren Zusam-

Digitized by Google

menſetzung mit der des ſchweren Kohlenwaſſerſtoffs übereinſtimmt, tragen weſentlich zur Erhöhung des Gaslichtes bei; ſie ſcheiden ſich nach längerer Zeit aus dem Leuchtgaſe aus, ſo daß ſich daſſelbe durch längere Aufbewahrung beträchtlich verſchlechtert.

Der Rückſtand in den Gasretorten liefert gute Koks, gewöhnlich Cinders genannt.

Leuchtkraft der verſchiedenen Leuchtſtoffe. Die Lichtſtärke §. 132
zweier Flammen läßt ſich gut mit einander vergleichen. Ohne die Vergleichungsmethoden hier genauer erörtern zu können, bemerken wir nur, daß die im Folgenden angegebenen Verhältnißzahlen im Ganzen zuverläſſiger ſind, als diejenigen, welche für die Heizkraft angegeben worden ſind.

Tabelle über die Leuchtkraft von Kerzen und Lampen bei Anwendung von gereinigtem Rüböl.

Name des Leuchtſtoffs	Lichtſtärke	Verbrauch von Leuchtſtoff für die Stunde in Granen
Talgkerzen, 6 auf das Pfund	100	146
Stearinkerzen, 4 » » »	121	163
» 5 » » »	113	156
» 6 » » »	109	151
Wachskerzen, 4 » » »	123	144
» 6 » » »	113	132
Küchenlampe mit rundem, 3‴,6 dickem Dochte .	50	115
Studierlampe mit flachem, 9‴,1 breitem Dochte, ohne Zugglas	125	155
Ebenſolche, mit 8‴,6 breitem Dochte und mit Zugglas	167	200
Aſtrallampe; Durchmeſſer des Dochtes 7‴,6 . .	290	438
Ebenſolche; Durchmeſſer des Dochtes 10‴ . .	520	610

Nach einer Ueberſicht über den Betrieb der wichtigſten Gaswerke in England liefert eine 2,5 Zoll hohe Gasflamme gleich viel Licht, wie eine Talgkerze, deren 6 auf das Pfund gehen, und verzehrt dabei ſtündlich 0,7 Cubikfuß Steinkohlengas. Dieſe Vergleichungsweiſe fällt aber inſofern zum Nachtheile der Gasflamme aus, als dieſe aus einem einfachen Brenner ausſtrömte und eine um 30 bis 40 % höhere Lichtſtärke

Digitized by Google

gewinnt, wenn ſie mit Hülfe eines Argand'ſchen Brenners verbrannt wird. Um 0,7 Cubikfuß Gas zu erhalten, müſſen aber 0,2 Pfunde Steinkohlen deſtillirt werden; denn im Durchſchnitte liefert 1 Centner Steinkohlen 352 Cubikfuß Leuchtgas. Die beſten Kohlen, wie die Kännelkohlen, entwickeln hingegen aus dem Centner 440 Cubikfuß Gas.

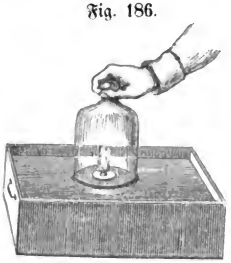
5. Stickſtoff.

§. 133. **Darſtellung des Stickſtoffgaſes.** Die Verbrennung in der atmoſphäriſchen Luft beruht, wie ſchon öfter erwähnt iſt, auf demſelben Vorgange, wie die Verbrennung im Sauerſtoffgaſe. Die Producte der Verbrennung ſind in beiden Fällen von derſelben Art; ſie ſind Oxyde der Beſtandtheile des verbrennenden Stoffes. Allein ſchon der Umſtand, daß alle Verbrennungen in der atmoſphäriſchen Luft viel weniger lebhaft ſind, als im reinen Sauerſtoffgaſe, deutet darauf hin, daß der Sauerſtoff in der Atmoſphäre durch irgend ein anderes, bei der Verbrennung unthätiges Gas verdünnt iſt.

Man erhält dieſes Gas, das Stickſtoffgas, ſehr einfach auf die Weiſe, daß man atmoſphäriſche Luft mit irgend einer leicht oxydirbaren Subſtanz zuſammenbringt, deren Oxyd ſelbſt kein Gas iſt.

Dazu dient vor Allem Phosphor. Man legt ein Stückchen trockenen Phosphors auf ein dünnes Blechſchälchen, Fig. 186, welches auf dem Waſſer der pneumatiſchen Wanne ſchwimmt, entzündet den Phosphor und ſtürzt eine Glocke darüber. Der Phosphor brennt ſo lange fort, als er in der Glocke Sauerſtoff findet; er entzieht der Luft unter der Glocke ihren Sauerſtoffgehalt vollſtändig, indem er damit Oxyde bildet, die ſich größtentheils im Sperrwaſſer auflöſen, von denen wenigſtens keines ein Gas iſt. Nachdem der Phosphor aufgehört hat zu brennen, iſt nahe $\frac{4}{5}$ vom Volumen der atmoſphäriſchen Luft, als der bei der Verbrennung unthätige Theil, übrig geblieben.

Fig. 186.

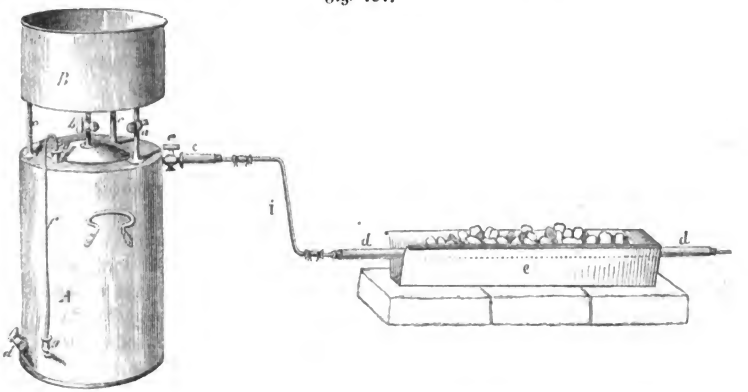


Denſelben Zweck erreicht man, wenn man atmoſphäriſche Luft durch ein glühendes Rohr führt, in dem ſich ſehr fein vertheiltes Kupfer oder Eiſen befindet. Die atmoſphäriſche Luft ſetzt ihren Sauerſtoffgehalt an das glühende Metall ab, unter Bildung von Metalloxyd. Am beſten dient

Digitized by Google

zu diesem Versuche das aus Kupferoxyd oder Eisenoxyd durch Wasserstoffgas reducirte Metall (vergl. §. 112). Die Glasröhre *i*, Fig. 187, wird

Fig. 187.



damit halb angefüllt und durch Kohlen in das Glühen gebracht. Die atmosphärische Luft, deren Stickstoff gewonnen werden soll, befindet sich im Gasometer *A*; sie wird durch Oeffnung der Hähne *a* und *e* in einem langsamen Strome durch das glühende Glasrohr geführt und tritt, ihres Sauerstoffs beraubt, aus dem Ende der Gasleitungsröhre, um aufgefangen zu werden.

Eigenschaften des Stickstoffs. Das Stickstoffgas ist ohne Farbe, §. 134.
Geruch und Geschmack. Es hat eine Dichte von 0,972 und ist noch nicht condensirt worden. Es ist weder brennbar, noch unterhält es den Verbrennungsproceß anderer Stoffe. Eingeathmet wirkt es zwar nicht direct schädlich, kann aber für sich eben so wenig den Athmungs-, als den Verbrennungsproceß im Gange erhalten. Vom Wasser wird es nur sehr wenig absorbirt, 100 Maße Wasser nehmen 4,2 Maße Stickstoff auf.

Vorkommen des Stickstoffs. Das Stickstoffgas ist ein Element, §. 135.
welches den größten Theil der Atmosphäre ausmacht; Stickstoffgas und Sauerstoffgas sind die Hauptbestandtheile der Atmosphäre. Sie sind mit einander gemengt in dem Raumverhältnisse 79 zu 21, oder in dem Gewichtsverhältnisse 77 zu 23.

Mit anderen Elementen verbunden, ist der Stickstoff durch die ganze organische Natur verbreitet und findet sich auch in fast allen Verwesungsproducten der organischen Stoffe.

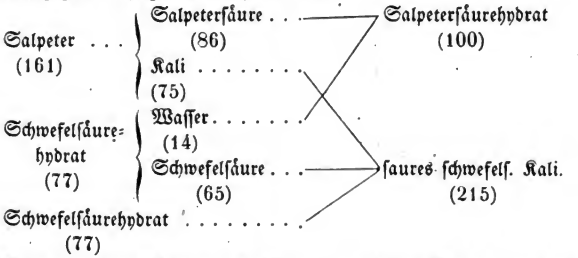
Digitized by Google

§. 136. **Verbindungen des Stickstoffs mit dem Sauerstoffe.** Der Stickstoff verbindet sich mit dem Sauerstoffe in fünf Verhältnissen:

100	Stickstoff	bilden mit	57,1	Sauerstoff	Stickstoffoxydul,
100	»	» »	114,3	»	Stickstoffoxyd,
100	»	» »	171,4	»	salpetrige Säure,
100	»	» »	228,6	»	Untersalpetersäure,
100	»	» »	285,7	»	Salpetersäure.

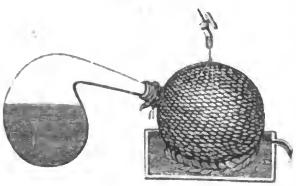
Von diesen Oxyden sind die zwei niedrigsten neutral, die übrigen sind Säuren; unter ihnen ist die Salpetersäure das wichtigste Oxyd, bei dessen Desoxydation die übrigen entstehen.

§. 137. **Salpetersäure.** Die Salpetersäure findet sich in der Natur nicht frei, sondern verbunden mit Basen zu salpetersauren Salzen, namentlich mit Kali, Natron, Kalkerde und Talkerde. Diese Salze erzeugen sich in der Erdoberfläche da, wo organische Stoffe in Verwesung übergegangen sind. Das technisch am häufigsten und reinsten dargestellte salpetersaure Salz ist das salpetersaure Kali oder der Salpeter; aus ihm wird die Salpetersäure gewonnen durch Zersetzung mit Schwefelsäurehydrat. Diese Zerlegung geht in folgender Weise vor sich:



Sie wird in einer Retorte ausgeführt, in welche der Salpeter mit nahe seinem gleichen Gewichte concentrirter englischer Schwefelsäure eingebracht wird, jedoch so, daß in ihrem Halse nichts von der Masse hängen bleibt. Die Retorte wird mit einer geräumigen Vorlage, Fig. 188, verbunden,

Fig. 188.



welche man durch Umgeben mit Schnee oder durch aufließendes Wasser kalt erhält. Damit sich das Wasser über die ganze Oberfläche der Vorlage verbreitet, ist diese mit einem Netze oder mit Leinwand überzogen. Nach angesetzter Vorlage wird die Retorte langsam erhitzt. Dies geschieht am zweckmä-

Digitized by Google

ßigsten in einem Ofen mit Kapelle, dessen Theile Fig. 189, 190 und 191 zeigen. Auf einem gewöhnlichen für Kohlenfeuer eingerichteten Windofen, Fig. 189, wird ein hohler Blechcylinder, Fig. 190, aufgesetzt und darin

Fig. 189.

Fig. 190.

Fig. 191

das Blechgefäß, Fig. 191, eine Kapelle, eingelegt, welche vorn mit einem Ausschnitte für den Hals der Retorte versehen ist. Die Temperatur des Retorteninhaltes hält sich ziemlich beständig auf 130°, indem das Salpetersäurehydrat bei dieser Temperatur überdestillirt und sich in der Retorte sammelt. Man unterbricht die Destillation, wenn sich rothe Dämpfe anfangen zu bilden, nimmt die Vorlage ab, erhitzt die Retorte, bis ihr Inhalt leichtflüssig ist, und gießt ihn auf einer Stein- oder Eisenplatte aus. 5 Pfund Salpeter geben etwas mehr, als 3 Pfund Destillat, welches jedoch nicht reines Salpetersäurehydrat ist, sondern etwas überschüssiges Wasser enthält, theils weil der Salpeter nicht ganz trocken ist, theils weil die concentrirte englische Schwefelsäure etwas wasserhaltiger, als das reine Schwefelsäurehydrat (vergl. §. 153), und mit etwas Untersalpetersäure und Chlor verunreinigt. Das Destillat führt den Namen *rohe Salpetersäure* oder *Scheidewasser*. Es wird gewöhnlich fabrikmäßig dargestellt. Ein schmaler Ofen erwärmt dann eine größere Anzahl von Kapellen. Da die Glasretorten sehr leicht zerspringen, so hat man angefangen, die Destillation in eisernen Cylindern vorzunehmen.

Um *reines Salpetersäurehydrat* zu erhalten, muß man die rohe Salpetersäure mit concentrirter Schwefelsäure mischen und einer zweiten Destillation unterwerfen. Das reine Salpetersäurehydrat geht über, die concentrirte Schwefelsäure hält das überschüssige Wasser zurück.

Das reine Salpetersäurehydrat ist eine wasserhelle Flüssigkeit von 1,55 Dichte. Sie gefriert erst bei — 54° C. und siedet unter 100° C. Mit zunehmendem Wassergehalte mindert sich ihre Dichte, während der Siedepunkt bis zu einem Wassergehalte von 44 % auf 120° C. steigt. Säuren, die weniger oder mehr als 44 % enthalten, verwandeln sich beim Sieden

Digitized by Google

unter Abgabe von stärkerer oder schwächerer Säure nach und nach in solche mit 44 % Wasser, welche als Ganzes verdampft.

Die wässerige Salpetersäure hat einen sauren Geschmack und röthet blaues Lackmuspapier.

Das Salpetersäurehydrat ist eine sehr leicht zersetzbare Verbindung, auch wenn es mit Wasser gemischt ist. Es kann nicht in Dämpfe verwandelt werden, ohne sich theilweise in Sauerstoff und in niedere Oxydationsstufen des Stickstoffs zu zersetzen, welche als gelbe Dämpfe auftreten. Leitet man seine Dämpfe durch eine glühende Porzellanröhre, so findet dieselbe Art der Zersetzung Statt. Setzt man Salpetersäure von mehr als 56 % Säuregehalt dem Sonnenlichte aus, so färbt sie sich gelb unter theilweiser Desoxydation und Ausstoßen von Sauerstoffgas.

Am leichtesten zersetzt sich aber die Salpetersäure, wenn sie mit oxydirbaren Stoffen in Berührung gebracht wird; sie ist ein sehr kräftiges und häufig benutztes Oxydationsmittel. Indem sie einen Theil ihres Sauerstoffs abgiebt, bleiben niedrigere Oxydationsstufen übrig, gewöhnlich als rothgelbe sogenannte salpetrige Dämpfe. Dieser Zersetzungsproceß wird durch Temperaturerhöhung unterstützt; er ist aber auch selbst mit Wärmeentwickelung verbunden, durch welche die anfangs langsame Oxydation beschleunigt wird. Sehr concentrirte Salpetersäure zeigt in einigen Fällen, wo salpetersaure Salze entstehen, die in Salpetersäure unlöslich, in Wasser löslich sind, eine schwächer oxydirende Wirkung, als wässerige Säure. So überzieht sich Blei, in concentrirte Salpetersäure getaucht, mit salpetersaurem Bleioxyde, und da dieser Ueberzug in der concentrirten Säure unlöslich ist, schützt er das Metall vor dem weiteren Angriffe; Wasser hingegen nimmt denselben sogleich hinweg und bringt Metall und Säure wieder von Neuem in Berührung.

Auch organische Stoffe werden von der Salpetersäure oxydirt, oft unter sehr beträchtlicher Wärmeentwickelung. Vermischt man sie mit einem Viertheil concentrirter Schwefelsäure und gießt sie dann auf einen Tropfen Terpenthinöl, so entzündet sich das Oel mit Explosion. Stickstoffhaltige organische Stoffe, wie die Haut, die Nägel und Wolle, werden auch durch sehr verdünnte Salpetersäure gelb gefärbt.

§. 138. **Salpetersaure Salze.** Die Salpetersäure kann nicht isolirt werden. Sucht man sie von ihrem Hydratwasser zu trennen, so zerfällt sie in Sauerstoff und niedere Oxydationsstufen des Stickstoffs. Dagegen läßt sich dieses Hydratwasser sehr gut durch ein anderes und zwar basisches Oxyd ersetzen, wie im Salpeter durch Kali, spielt also eigentlich die Rolle einer Basis (vergl. §. 110).

Die salpetersauren Salze, in denen der Sauerstoffgehalt der Basis ein

Digitized by Google

Fünftheil ausmacht vom Sauerstoffgehalte der Säure, die sogenannten neutralen salpetersauren Salze, lösen sich alle in Wasser auf. In der Glühhitze werden alle salpetersauren Salze zersetzt, fast stets unter Entwickelung von Sauerstoffgas. Erhitzt man sie mit brennbaren Stoffen zusammen, so tritt ihre Zersetzung plötzlich unter starker Wärmeentwickelung ein, und die freiwerdenden Gase verursachen eine Explosion.

Untersalpetersäure. Erhitzt man völlig trockenes, salpetersaures §. 139.
Bleioxyd in einer Retorte, so sammelt sich in der stark abgekühlten Vorlage als Flüssigkeit die Untersalpetersäure, während Sauerstoffgas durch eine in der Tubulatur befindliche Röhre entweicht. Diese Flüssigkeit erstarrt bei der Abkühlung bis — 16° R. oder — 20° C. zu einer krystalliniſchen Masse, welche, erwärmt, erst bei — 7° R. oder — 9° C. wieder flüssig wird. In der Wärme färbt sie sich pomeranzengelb. Sie siedet bei etwa 20° R. oder 25° C.; ihr Dampf ist dunkelrothgelb, riecht stechend, schmeckt sauer, röthet Lackmuspapier und wirkt, eingeathmet, sehr nachtheilig.

Durch Wasser wird die Untersalpetersäure zersetzt in ein höheres und in ein niedrigeres Oxyd; bei niedrigerer Temperatur zerfällt sie hauptsächlich in Salpetersäure und salpeterige Säure, bei höherer Temperatur in Salpetersäure und in Stickoxydgas.

Die Untersalpetersäure ist der Hauptbestandtheil der salpetrigen Dämpfe. §. 140.

Salpetrige Säure. Fügt man in einer Retorte zu 92 Theilen Untersalpetersäure, die bis auf — 20° C. erkaltet ist, langsam und in Form eines feinen Strahles 45 Theile Wasser, so trennt sich die Flüssigkeit bald in zwei Schichten, eine obere grüne und eine untere dunkelblaugrüne. Die untere Flüssigkeitsschicht beginnt schon unter 0° zu sieden; erwärmt man sie so lange, bis der Siedepunkt auf 25° C. gestiegen ist, so ist die salpetrige Säure als eine blaue Flüssigkeit in die stark abgekühlte Vorlage übergegangen.

Die Flüssigkeit siedet schon unter 0°, verwandelt sich in gelbe, salpetrige Dämpfe und zerfällt dabei theilweise in Stickoxydgas und in Untersalpetersäure.

Glüht man salpetersaures Kali oder Natron, so verwandelt es sich, unter Abgabe von Sauerstoffgas, zunächst in salpetrigsaures Salz.

Die salpetrige Säure kommt neben der Untersalpetersäure in den salpetrigen Dämpfen vor.

Rauchende Salpetersäure. Wendet man zur Zersetzung des Sal- §. 141.
peters Nordhäuser Vitriolöl an, welches neben Schwefelsäurehydrat wasserleere Schwefelsäure enthält, so findet die freiwerdende Salpetersäure nicht Wasser genug, um als Hydrat zu verdampfen, sie zersetzt sich deshalb theilweise in Sauerstoff und Untersalpetersäure. Die in der Vorlage condensirte Flüssigkeit, die rauchende Salpetersäure, erhält eine dun-

Digitized by Google

kelorangerothe Farbe und ſtößt an der Luft ſalpetrige Dämpfe aus. Durch gelindes Erwärmen wird ſie farblos, indem die Unterſalpeterſäure verdampft; durch Zuſatz von Waſſer wird ſie ebenfalls entfärbt, indem ſich die Unterſalpeterſäure in Salpeterſäure und ſalpetrige Säure zerſetzt.

§. 142. **Stickſtoffoxydgas.** Gießt man über Kupferſpähne, die ſich in der Flaſche *a*, Fig. 192, befinden, verdünnte Salpeterſäure von 1,2 bis 1,3 Dichte und erhält die Flaſche dadurch kühl, daß man ſie in Waſſer eintaucht, ſo giebt die Salpeterſäure zwei Fünftheile ihres Sauerſtoffs an das Kupfer ab, und die übrigen zwei Fünftheile des Sauerſtoffs, mit dem Stickſtoffe verbunden, entweichen als Stickſtofforyd- oder Salpetergas.

Fig. 192.

Dieſes Gas iſt farblos und hat eine Dichte von 1,04; es iſt noch nicht gelungen, daſſelbe zu condenſiren. Es iſt nicht brennbar und unterhält das Verbrennen nur weniger Körper, wie der Kohle und des Phosphors. Unvermiſcht kann es nicht eingeathmet werden.

Es hat eine ſehr große Verwandtſchaft zum freien Sauerſtoffgaſe, indem es ſich je nach der Menge deſſelben zu ſalpetriger Säure oder Unterſalpeterſäure oxydirt. Daher bildet es beim Austreten in die freie Luft ſogleich gelbe ſalpetrige Dämpfe.

Leitet man Stickſtofforydgas über erwärmtes Kalium, oder über glühendes Eiſen, ſo wird es völlig desoxydirt. Das Metall zieht den Sauerſtoff an ſich und Stickſtoffgas wird frei.

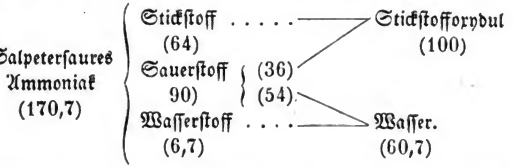
Eine Eiſenvitriollöſung abſorbirt das Stickſtofforydgas vollſtändig und färbt ſich damit dunkel, faſt ſchwarz.

Auch von Salpeterſäure wird das Gas abſorbirt, jedoch ſo, daß ſogleich eine Zerſetzung vor ſich geht. Das Stickſtofforydgas entzieht der Salpeterſäure Sauerſtoff und verwandelt ſich in ſalpetrige Säure und Unterſalpeterſäure. Die Flüſſigkeit färbt ſich grün oder blau und iſt eine Miſchung von ſalpetriger Säure, Unterſalpeterſäure und Salpeterſäure.

§ 143. **Stickſtoffoxydulgas.** Dieſe niedrigſte Oxydationsſtufe des Stickſtoffs iſt zugleich diejenige, in welcher die Elemente am feſteſten mit einander verbunden ſind. Sie entſteht durch Desoxydation des Stickſtofforydgaſes, wenn dieſes längere Zeit mit feuchter Eiſen- oder Zinkfeile in Berührung war; ferner durch Desoxydation der verdünnten Salpeterſäure, wenn Zink in der Kälte darin aufgelöſt wird. Um es reichlich zu erhalten,

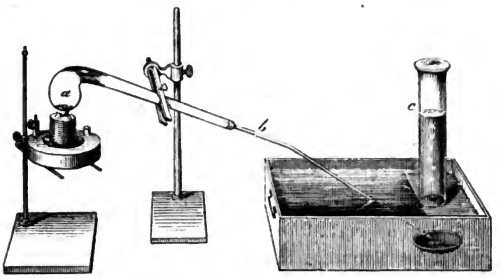
Digitized by Google

wendet man salpetersaures Ammoniak an, welches bei 170° während des Siedens in Stickstoffoxydul und Wasser zerfällt.



Das salpetersaure Ammoniak bringt man in eine geräumige Retorte *a*, Fig. 193, und versieht den Hals derselben mit einer Gasleitung; das Gas

Fig. 193.



sammelt man über Wasser. Die Erhitzung der Retorte muß vorsichtig geleitet werden. Das salpetersaure Ammoniak darf nur gelinde sieden. Steigert man die Temperatur zu hoch, so wird das Sieden stürmisch, die Dampfbildung kann sogar plötzlich mit Explosion stattfinden, und anstatt Stickoxydulgases bildet sich Stickstoffgas und Stickstofforydgas.

Das Stickstofforydulgas ist farblos, hat eine Dichte von 1,525 und läßt sich zu einer wasserhellen Flüssigkeit condensiren; bei — 40° C. ist dazu der Druck von etwas mehr als 10 Atmosphären nothwendig. Das Gas hat einen angenehm süßen Geruch und Geschmack. Es kann in mäßigen Quantitäten eingeathmet werden und erzeugt dann eine Aufregung, die der Berauschung durch geistige Getränke sehr ähnlich ist; es wird aus diesem Grunde auch Lustgas genannt. Will man das Gas für diesen Zweck bereiten, so thut man gut, es durch eine Waschflasche mit Kali und eine zweite mit Eisenvitriollösung gehen zu lassen, um möglicher Weise beigemengtes Chlor- und Stickoxydgas zu entfernen.

Das Stickstofforydulgas ist nicht brennbar, unterhält aber die Verbrennung fast so lebhaft, wie Sauerstoffgas.

Digitized by Google

Vom Wasser wird es ziemlich reichlich absorbirt; 100 Maße Wasser nehmen 76 Maße davon auf.

Durch eine glühende Röhre geleitet, zerfällt es, wie alle übrigen Oxyde des Stickstoffs.

§. 144. **Ammoniak.** Unter den Verbindungen des Stickstoffs mit dem Wasserstoffe tritt blos eine selbstständig auf, welche besteht aus:

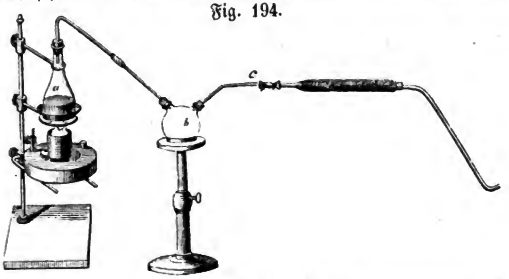
Stickstoff . . 100
Wasserstoff . . 21,4.

Diese ist das Ammoniak, welches als Gas sehr leicht erhalten wird, wenn man einen Theil Salmiak und etwa zwei Theile gepulverten gebrannten Kalk trocken mit einander mengt und erhitzt. Die Zersetzung geht dann in folgender Weise vor sich:

Salmiak (314)	Stickstoff (83)		Ammoniakgas (100)
	Wasserstoff (23)	(17)	
		(6)	Wasser (54)
	Chlor (208)		Chlorcalcium. (328)
Gebrannter Kalk (168)	Sauerstoff (48)		
	Calcium (120)		

Man erhitzt das Gemenge in einem Kolben oder einer Retorte *a*, Fig. 194; schaltet in die Gasleitung eine doppelt tubulirte Vorlage (*b*),

Fig. 194.



damit sich in ihr der größte Theil des Wassers niederschlage, und trocknet das Gas durch eine mit Kalihydratstücken gefüllte Röhre aus. Das Kalihydrat übt auf feuchte Gase dieselbe Wirkung, wie das Chlorcalcium, und muß bei diesem Versuche genommen werden, weil Chlorcalcium durch Ammoniakgas zersetzt werden würde. Das Gas muß über Quecksilber aufgefangen werden, da es von Wasser zu rasch absorbirt wird.

Digitized by Google

Das Ammoniakgas ist farblos, riecht stechend und schmeckt scharf. Seine Dichte ist 0,591. Es gehört zu den am leichtesten condensirbaren Gasen; seine Condensation findet Statt:

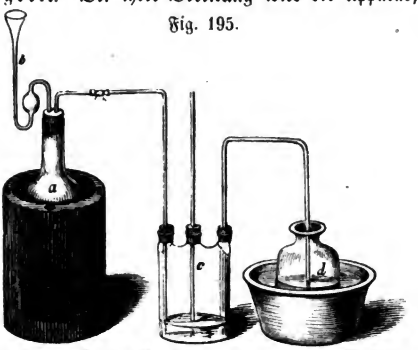
bei — 22°,4 R. oder — 28° C. unter einem Drucke von 2,5 Atmosphären
» 0° » » » » 4,5 »
» + 8°,8 R. » + 11° C. » » » » 6 »
» + 22°,4 R. » + 28° C. » » » » 10 »

Das condensirte Ammoniak ist farblos, dünnflüssig, bei sehr niedriger Temperatur kann es als farblose krystallinische Masse erhalten werden, welche bei — 75° C. schmilzt.

Das Ammoniakgas ist wenig brennbar und unterhält nicht das Verbrennen anderer Stoffe. Es bräunt gelbes mit Curcumatinctur gefärbtes Papier. Vom Wasser wird es sehr reichlich absorbirt; 1 Maß Wasser nimmt 670 Maße Ammoniakgas auf.

Das Wasser, welches Ammoniakgas absorbirt hat, wird in der praktischen Chemie und in der Technik vielfach angewandt; es heißt Ammoniakflüssigkeit. Bei ihrer Bereitung wird der Apparat, Fig. 195,

Fig. 195.



angewandt; 4 Theile Salmiakpulver werden mit 5 Theilen gebranntem Kalk, welcher vorher mit dem dritten Theile seines Gewichtes Wasser zu Pulver gelöscht worden war, in dem Kolben *a* innig gemengt und allmälig so viel Wasser zugegeben, bis die Masse klumpig, aber nicht breiartig wird. Hierauf wird der Kolben durch einen Kork verschlossen, und die Fugen des Korkes mit einem Kitt aus Mandelkleie, Roggenmehl und Wasser verstrichen. Durch den Kork geht neben dem Gasleitungsrohre das Sicherheitsrohr *b*. Ein solches Sicherheitsrohr ist ein bei allen Gasentwickelungen, wo das entwickelte Gas durch eine Flüssigkeit aufgefangen werden soll, unentbehrliches Instrument. Es ist in seiner unteren Biegung so weit mit einer Flüssigkeit gefüllt, daß sich damit beim

Digitized by Google

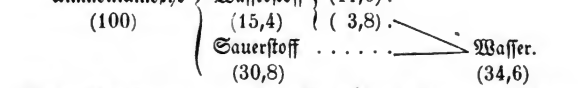
Einblasen von Luft durch den Trichter nur die Kugel, aber nicht die obere Biegung füllt; der Trichter muß gleich viel Flüssigkeit fassen, wie die Kugel. Entwickelt sich plötzlich zu viel Gas, so wird die Sperrflüssigkeit in den Trichter gehoben und das zu viel entwickelte Gas findet durch sie einen Ausgang, ohne daß man ein Zerspringen des Entwickelungsgefäßes zu befürchten hat. Läßt zuletzt die Gasentwickelung nach und zieht sich das Gas durch Erkaltung zusammen, so dringt durch das Sicherheitsrohr Luft ein, und die absorbirende Flüssigkeit wird nicht in das Entwickelungsgefäß zurückgezogen.

Das Gasleitungsrohr tritt zunächst ziemlich bis auf den Boden einer dreihalsigen Waschflasche, einer sogenannten Woulf'schen Flasche, *c*, die etwas Kalkmilch enthält. Das Gas wird hier von einigen Beimengungen (Salmiak, kohlensaurem Ammoniak und Empyreuma) befreit und gelangt dann in die durch Umgeben mit Wasser kühl gehaltene Absorptionsflüssigkeit *d*.

Die Ammoniakflüssigkeit ist farblos und besitzt den Geruch und Geschmack des Ammoniakgases; sie bräunt Curcumápapier. Ihre Dichte ist um so geringer, ihr Siedepunkt um so niedriger, je mehr Ammoniak sie enthält (vergl. S. 93 und S. 110). Bei fortwährendem Sieden erhöht sich ihre Temperatur, indem sie an Ammoniak ärmer wird; zuletzt bleibt reines Wasser. Sie erstarrt bei — 40° C.

Leitet man Ammoniakgas durch ein enges glühendes Rohr, in dem sich Eisendraht befindet, so zerfällt es in seine Elemente.

§. 145. **Ammoniumoxyd.** Das Ammoniak verbindet sich mit den Sauerstoffsäuren zu Salzen, denen alle Eigenschaften anderer Salze zukommen, aber nur dann, wenn Wasser zugegen ist, dessen Elemente vom Ammoniak aufgenommen werden, zu einer Verbindung, dem Ammoniumoxyd, deren Zusammensetzung folgende ist:



Dieses Ammoniumoxyd, als dessen wässerige Lösung die Ammoniakflüssigkeit anzusehen ist, entspricht in jeder Beziehung den basischen Oxyden, es bildet Salze, welche denen der Alkalien am nächsten stehen und nach denselben besprochen werden sollen. Das Ammonium selbst ist zwar noch nicht isolirt worden, kann aber außer mit Sauerstoff auch mit anderen Elementen verbunden werden, die wiederum mit den Verbindungen der Alkalimetalle übereinstimmen. Das Ammonium ist ein die elementaren

Digitized by Google

Metalle vertretendes zusammengesetztes Radical (vergl. S. 178), und bildet einen übergreifenden Uebergang der organischen Stoffe in die anorganischen.

Amid. Wenn man Kalium-Metall in einem Strome von trockenem Ammoniakgas bis zum Schmelzen erhitzt, so verliert dasselbe unter Volumszunahme nach und nach seine metallische Oberfläche und verwandelt sich in eine kaum gefärbte Flüssigkeit, die beim Erkalten krystallinisch erstarrt. Dies ist Kaliumamid. Bei der Bildung desselben entläßt das Ammoniak ein Drittheil seines Wasserstoffgehaltes als Wasserstoffgas. Die Zusammensetzung des Kaliumamids ist also: §. 146.

Kalium	71,0
Wasserstoff . . .	3,6
Stickstoff	25,4.

Die darin vorkommende Verbindung von Wasserstoff mit Stickstoff heißt Amid; kann aber eben so wenig isolirt werden, als das Ammonium.

Bildung von Ammoniak und Salpetersäure. Salpetersäure und Ammoniak treten in mehrfacher Beziehung vermittelnd zwischen die Reihe der organischen und anorganischen Stoffe. Sie sind die letzten Verwesungsproducte organischer Stoffe; sie sind die Formen, unter welchen der Stickstoff in die Pflanzenwelt und damit in die organische Natur überhaupt übergeführt wird; endlich tritt das Ammonium als ein zusammengesetztes Radical vollkommen in die Stelle der anorganischen Elemente ein. §. 147.

Die Frage ist deshalb besonders für die Theorie der Pflanzenernährung von großer Bedeutung, ob alle in der Natur vorkommende Salpetersäure- und Ammoniakverbindungen von der Verwesung organischer Stoffe herrühren, oder ob es für beide auch andere Quellen der Entstehung giebt.

Ammoniaksalze sind in der Luft, in vielen Quell- und Flußwässern, im Seewasser, in der Dammerde, obgleich in geringer Menge, vorhanden; auch sind sie im Safte vieler Pflanzen, z. B. der Runkelrübe, und sehr reichlich in den flüssigen thierischen Absonderungen, wie im Harn, gefunden worden. In diesen Vorkommnissen sind sie sehr vorherrschend, wenn auch nicht ganz allein die Producte der Zersetzung stickstoffhaltiger organischer Stoffe; der Stickstoffgehalt der Atmosphäre kann dabei wenig in's Spiel kommen.

Stickstoffgas und Wasserstoffgas haben bis jetzt auf keine Weise direct und ohne Mitwirkung eines dritten Stoffes chemisch mit einander verbunden werden können. Trifft aber Wasserstoff im Momente seines Freiwerdens, im sogenannten Entstehungszustande, mit Stickstoff zusammen, so vereinigt er sich mit ihm zu Ammoniak. So wird ein Curcumapapierblättchen, welches man in den Kork einer feuchte Eisenfeile

Digitized by Google

oder einen anderen leicht oxydirbaren Stoff und zugleich Luft enthaltenden Flasche einsteckt, bald von gebildetem Ammoniak braun gefärbt. Die Oxydation findet hier auf Kosten des Wassers Statt; der Sauerstoff des Wassers wird gebunden, der Wasserstoff wird frei. Da nun die Fälle, wo Oxydationen unter Wasserzersetzung und auf Kosten des Sauerstoffs vom Wasser vor sich gehen, nicht gerade sehr selten sind, so kann der Stickstoff der Atmosphäre bei der Ammoniakbildung wenigstens nicht ganz ausgeschlossen bleiben, wenn er auch gegen den Stickstoff verwesender Organismen von geringer Bedeutung ist.

Salpetersaure Salze finden sich als Auswitterung aus Kalk- und Sandsteinen als Auskleidung vieler Höhlen, so besonders auf der Insel Ceylon, und als Ueberzug des Bodens besonders in heißen Ländern, wie in Ostindien. Wie der Boden, so enthalten auch die Säfte vieler Pflanzen salpetersaure Salze, wie diejenige des Löffelkrautes, der Tabakstengel und Runkelrüben.

Mit Ausnahme des Vorkommens in Gesteinen und Höhlen, wofür eine völlig genügende Erklärung noch nicht gegeben ist, lassen sich alle übrigen auf den Verwesungsproceß von Organismen zurückführen, so jedoch, daß die Salpetersäure oft als ein weiteres Zersetzungs- oder Oxydationsproduct des Ammoniaks anzusehen ist.

Das Ammoniak liefert nämlich unter vielerlei Umständen Salpetersäure, sobald es mit Sauerstoff zusammentrifft; so wenn man Ammoniakgas mit viel Sauerstoffgas oder atmosphärischer Luft gemengt durch eine glühende Röhre leitet, oder wenn man es für sich über glühenden Braunstein führt. Die Salpetersäurebildung wird durch Gegenwart starker Basen befördert, so verwandelt sich Ammoniak mit Luft gemengt und mehrere Wochen lang mit Kalkmilch in einer wohl verschlossenen Flasche hingestellt, in salpetersaure Kalkerde. Das Ammoniak, welches zunächst durch die Verwesung erzeugt wird, verwandelt sich sehr wahrscheinlich bei Luftzutritt langsam in Salpetersäure, zunächst unter Bildung von salpetersaurem Ammoniak, dieses dann durch doppelte Wahlverwandtschaft in kohlensaures Ammoniak und andere salpetersaure Salze des Kali's, Natrons, der Kalkerde und Talkerde, wo es mit den im Boden sehr häufig vorkommenden kohlensauren Salzen der genannten Basen zusammentrifft. Mit diesen Ansichten stimmen die Erfahrungen die man bei den Salpeterplantagen gemacht hat, sehr gut überein.

Aber auch für die Salpetersäurebildung, wie für die Ammoniakbildung, darf der Stickstoffgehalt der Atmosphäre nicht ohne alle Berücksichtigung bleiben; die geringe Menge von Salpetersäure, welche im Gewitterregen aufgefunden worden ist, rührt sicherlich von ihm her. Denn wenn auch Sauerstoffgas und Stickstoffgas in dem Verhältniß der Salpetersäurebildung gemengt und durch eine glühende Röhre geleitet keine Salpetersäure

Digitized by Google

liefern, so ist doch die Thatsache mehrfach bestätigt worden, daß der elektrische Funken beim Durchschlagen durch feuchte atmosphärische Luft zur Entstehung von Salpetersäure Veranlassung giebt. Kommt nun schon den Funken einer Elektrisirmaschine eine solche Fähigkeit zu, die beiden Elemente direct zu verbinden, wie viel mehr einer so energischen Elektricitätsausgleichung, wie dem Blitze.

Verbindungen des Stickstoffs mit dem Kohlenstoffe. — Cyan. §. 148. Mit dem Kohenstoff verbindet sich der Stickstoff zu Cyan, und diese Verbindung zeigt insofern ein dem Ammoniak entsprechendes Verhalten, als sie wie das Ammoniak aus der Reihe der organischen Verbindungen in diejenige der organischen übergreift, und ein zusammengesetztes Radical bildet, welches die Stelle anorganischer Elemente vollkommen vertritt.

Das Material, welches zur Gewinnung des Cyans und seiner Verbindungen allein benutzt wird, ist das Blutlaugensalz. Die Darstellung desselben wird im Großen ausgeführt. Man schmilzt Pottasche (kohlensaures Kali), trägt stickstoffreiche organische Substanzen als getrocknetes Blut, Hörner, Klauen, Hufe und Borsten portionenweise mit einem Zusatz von Eisenfeilspähnen ein, erhitzt die Mischung so weit, daß sie in ruhigen Fluß geräth und läßt sie dann erkalten. Die erkaltete Masse wird mit heißem Wasser ausgelaugt. Aus der geklärten und abgedampften Lauge scheiden sich beim Erkalten citronengelbe schöne Krystalle von Blutlaugensalz aus.

Das Blutlaugensalz ist eine Cyanverbindung zweiter Ordnung, es besteht aus Cyankalium und Cyaneisen, führt deshalb auch den Namen Kaliumeisencyanur oder Ferrocyankalium. Es besteht bei 100° getrocknet in 100 Theilen aus:

Cyan	42,3
Kalium	42,5
Eisen	15,2

oder aus:

Cyankalium . . .	70,7
Cyaneisen	29,3

Das Cyan kann nicht direct aus dem Blutlaugensalze dargestellt werden. Seine Darstellung geschieht am besten aus dem Cyanqueckſilber, welches sich, wie das Queckſilberoxyd (s. §. 100), in der Hitze zersetzt und dabei Queckſilber-Dampf und Cyangas liefert. Das Cyanqueckſilber wird zerrieben, gut getrocknet und in eine Retorte geschüttet, die, wie bei dem in Fig. 147, S. 183 abgebildeten Apparat mit einer einfachen Gasentwickelungsröhre versehen ist. Nachdem man durch Erhitzen mit einer Spirituslampe die atmosphärische Luft aus der Retorte verdrängt hat, fängt man das nachfolgende Cyangas über Queckſilber auf.

Das Cyangas ist farblos, riecht eigenthümlich und reizt Nase und

Digitized by Google

Augen. Seine Dichte ist = 1,806. Es ist leicht condensirbar, bei 0° wird es durch den Druck von etwa 2,4 Atmosphären flüssig. Wasser absorbirt davon das 4,5fache Volumen, kann deshalb zu seiner Absperrung nicht angewandt werden.

Das Cyangas ist brennbar und verbrennt mit blauer, purpurgemischter Farbe. Ueber weißglühendes Eisen geleitet zerfällt es in Stickstoffgas und Kohle.

Das Cyan besteht aus:

54 G. Th. Stickstoff,
46 » » Kohlenstoff,

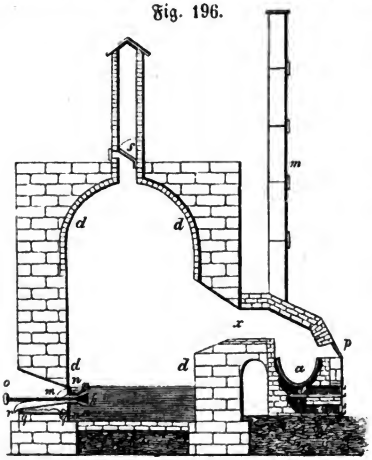
kann aber auf keine Weise unmittelbar aus seinen Elementen erzeugt werden Es entsteht nur dann, wenn seine Elemente im Entstehungszustande zusammentreffen, und wenn zugleich ein Stoff vorhanden ist, mit dem es sich verbinden kann; so bildet sich Cyankalium beim Glühen von stickstoffhaltiger Kohle mit Kali. Das Cyan stimmt in seinen Verbindungen am meisten überein mit dem Chlor, Jod, Brom und Fluor; die Beschreibung der Cyanverbindungen soll nach diesen eine Stelle finden.

---

6. Schwefel.

§. 149. **Vorkommen und Darstellung.** Der Schwefel ist schon seit den ältesten Zeiten bekannt, da er blos mechanisch mit Gesteinen gemengt in vulcanischen Gegenden, besonders im südwestlichen Sicilien, reichlich vorkommt, und durch eine sehr rohe Destillation gewonnen werden kann.

Fig. 196.



Dieser Rohschwefel enthält höchstens 5 % erdige Beimengungen, von denen er für die meisten Zwecke seiner technischen Benutzung gereinigt werden muß. Er wird deshalb in einem Ofen, dessen Einrichtung Fig. 196 zeigt, einer zwei-

Digitized by Google

ten Destillation unterworfen. Man bringt ihn durch die Thür *p* in den Kessel *a* und erhitzt ihn. Nach dem Schmelzen brennt er zuerst kurze Zeit, bis der Sauerstoff im abgeschlossenen Raume *d d*, mit dem der Kessel durch den Canal *x* in Verbindung steht, verzehrt ist; nachher verdampft er. Seine Dämpfe werden im Raume *d d* aufgefangen und erkaltet. Dabei scheiden sie sich anfangs, so lange die Temperatur in diesem Raume niedrig ist, als feines Schwefelpulver ab, welches im Handel unter dem Namen Schwefelblumen vorkommt, später, wenn sich die Wände des Ofens durch freigewordene Verdampfungswärme des Schwefels erhitzt haben, als Flüssigkeit. Die Schwefelblumen werden durch eine besondere Thür aus dem Ofen gezogen. Den flüssigen Schwefel läßt man durch die Oeffnung *n* in die Rinne *r* fließen, indem man den gestielten Stöpsel *o h* einwärts drückt, und gießt ihn in cylindrische Hohlformen aus nassem Holz. Nach dem Erstarren stellt er den Stangenschwefel vor.

Eine verhältnißmäßig sehr sehr geringe Menge Schwefel gewinnt man aus seinen Verbindungen mit Eisen und Kupfer, dem Schwefelkies und Kupferkies, welche in der Hitze einen Theil ihres Schwefelgehaltes gasförmig entweichen lassen.

Eigenschaften des Schwefels. Der Schwefel ist bei gewöhnlicher §. 150.
Temperatur starr, blaßgelb und hat die Dichte 2,045. Er ist sehr spröde, und knistert wenn man ihn in der Hand erwärmt, indem sich feine Sprünge in ihm bilden. Erhitzt man ihn in einem enghalsigen Kölbchen, so schmilzt er bei etwa 110° C. zu einer bräunlichgelben, durchsichtigen, ölartigen Flüssigkeit; weiter erhitzt wird er dickflüssig und stellt zwischen 220° und 250° C. eine terpenthinartige, rothbraune Masse dar, die beim Umkehren des Gefäßes nicht herausfließt; noch höheren Temperaturen ausgesetzt, gewinnt er wieder etwas an Flüssigkeit. Bei 420° C. siedet er und verwandelt sich in einen pomeranzengelben, schwach riechenden Dampf, von der Dichte 6,654, der an kältere Körper feine Schwefeltropfen absetzt, und beim Austritt in Luft von gewöhnlicher Temperatur zu sehr feinen Schwefelkörnchen verdichtet wird. Wie jede Flüssigkeit, giebt übrigens auch der Schwefel schon weit unter seinem Siedepunkt Dämpfe aus.

Beim Erkalten des geschmolzenen Schwefels erhält man zuerst einen bräunlich gelben starren Schwefel, dessen Dichte nur 1,926 beträgt, und dessen äußere Gestalt auch von derjenigen des natürlichen Schwefels abweicht. Mit der Zeit jedoch nimmt dieser Schwefel wieder die gewöhnliche hellgelbe Farbe und die Dichte 2,04 an. Gießt man den zwischen 220° und 250° C. dickflüssig gewordenen Schwefel in möglichst kaltes Wasser, so bleibt er tagelang nach dem Erkalten weich, zähe, bildsam, rothbraun und hat eine Dichte nur von 1,957.

Digitized by Google

Der Schwefel löſt ſich nicht in Waſſer, wohl aber in Alkohol, Aether und Terpenthinöl.

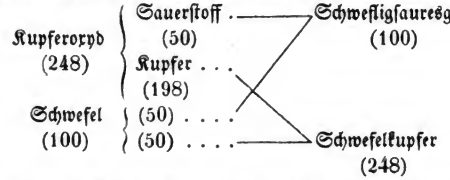
§. 151. **Verbindungen des Schwefels mit dem Sauerſtoff.** Der Sauerſtoff verbindet ſich mit dem Schwefel in folgenden Verhältniſſen:

100	Schwefel	bilden mit	50	Sauerſtoff	die	Unterſchwefligſäure;
100	»	»	62,5	»	»	Tiefſchwefelſäure;
100	»	»	83,3	»	»	Niederſchwefelſäure;
100	»	»	400	»	»	Schweflige Säure;
100	»	»	125	»	»	Unterſchwefelſäure;
100	»	»	150	»	»	Schwefelſäure.

Dieſe Oxyde des Schwefels ſind ſämmtlich Säuren; die wichtigſten von ihnen ſind die ſchweflige Säure und die Schwefelſäure, und auch nur dieſe beiden können für ſich beſtehen, ohne an Waſſer oder an eine Baſis gebunden zu ſein.

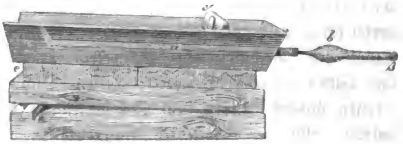
§. 152. **Schweflige Säure.** Erhitzt man Schwefel in der Luft über 290° C., ſo entzündet er ſich und verbrennt mit blauer Flamme. Er verwandelt ſich dabei in ſchwefligſaures Gas.

Um dieſes Gas unvermengt mit atmoſphäriſcher Luft zu erhalten erhitzt man Schwefel mit dem Oxyde eines Metalls, wie Kupfer. Dabei entſteht zugleich Schwefelmetall und ſchweflige Säure; der Schwefel bemächtigt ſich alſo zugleich beider Beſtandtheile des Oxydes.



Man bringt das Gemenge von Schwefel und der dreifachen Menge Kupferoxyd in eine ſtarke Glasröhre *a*, Fig. 197, und ſchüttet auf daſſelbe

Fig. 197.



noch eine Lage von reinem Kupferoxyd. Die Röhre kommt in einen rinnenförmigen Ofen und wird durch aufgelegte Kohlen von vorn nach hinten in's Glühen gebracht, ſo daß zuerſt das reine Kupferoxyd glüht.

Digitized by Google

Damit die aufgelegten Kohlen nicht zu weit zurückfallen, wird der Schirm *s* vorgesetzt. Um völlig trockenes Gas zu erhalten, muß man in die Gasleitung noch das Chlorcalciumrohr *b* einschalten.

Das schwefligsaure Gas ist farblos, riecht erstickend und hat die Dichte 2,22. Es gehört zu denjenigen Gasen, welche am leichtesten condensirt werden können. Schon unter gewöhnlichem Luftdrucke wird es bei — 8° R. oder — 10° C. tropfbarflüssig; bei — 79° C. erstarrt es.

Es ist weder brennbar, noch unterhält es die Verbrennung; zum Einathmen ist es völlig untauglich. Ein Maß Wasser absorbirt davon 44 Maße und bildet damit die wässerige schweflige Säure. Blaues Lackmuspapier wird von ihm geröthet, die meisten organischen Farben werden von ihm gebleicht. Man benutzt es zum Bleichen von Wolle, Seide, Stroh- und Korbmacher-Arbeiten, indem man diese feucht den Dämpfen des brennenden Schwefels aussetzt.

Mit den Basen bildet die schweflige Säure Salze; sie gehört aber zu den schwächeren Säuren.

Im trockenen Zustande mit trockenem Sauerstoffgas gemengt, bleibt das schwefligsaure Gas unverändert; bei Gegenwart von Wasser oxydirt es sich aber zu Schwefelsäure. Die wässerige schweflige Säure wirkt kräftig desoxydirend auf solche Oxyde, in denen der Sauerstoff nicht sehr fest gebunden wird. Ihre desoxydirende Wirkung erstreckt sich sogar auf Salpetersäure, Untersalpetersäure und salpetrige Säure, denen sie unter Bildung von Schwefelsäure so viel Sauerstoff entzieht, daß Stickstoffoxyd übrig bleibt. Die Salpetersäure giebt also drei Fünftheile, die Untersalpetersäure die Hälfte und die salpetrige Säure ein Drittheil ihres Sauerstoffgehaltes an die schweflige Säure ab. Treffen Dämpfe von Salpetersäure oder salpetrige Dämpfe mit Wasserdampf und Schwefligsäuregas zusammen, so entsteht zunächst eine krystallinische Verbindung von Schwefelsäure und Stickstoffoxyd, die aber schon durch Wasser zersetzt wird in Schwefelsäurehydrat und freies Stickstoffoxydgas, indem das Stickstoffoxyd durch Wasser verdrängt wird. Das Endresultat der Gegenwirkung zwischen den sauren Oxyden des Stickstoffs und der schwefligen Säure, unter Mitwirkung der gehörigen Menge von Wasserdampf, ist also immer Schwefelsäurehydrat und Stickstoffoxydgas.

Auf diesem Verhalten der schwefligen Säure beruht die fabrikmäßige Darstellung von Schwefelsäurehydrat aus Schwefel, die Fabrication der englischen Schwefelsäure.

Schwefelsäurehydrat und schwefelsaure Salze. Bei der Fabri- §. 153.
cation der englischen Schwefelsäure führt man schweflige Säure, salpetrige Dämpfe, atmosphärische Luft und Wasserdampf in einem fortwährenden Zuge durch einen weiten viereckigen

Digitized by Google

Raum, deſſen Wände aus Bleiplatten beſtehen. Dieſer Raum wird die Bleikammer genannt. Die Waſſerdämpfe werden im Keſſel *a*, Fig. 198,

Fig. 198.

erzeugt. Schweflige Säure und atmoſphäriſche Luft liefert der Ofen *b*, in welchem Schwefel verbrannt wird. Derſelbe Ofen dient auch gewöhnlich zur Entwickelung der ſalpetrigen Dämpfe, indem ſalpeterſaures Kali oder Natron für ſich oder mit Schwefelſäure gemengt in einem Gefäße über der Schwefelkammer bis zur Zerſetzung erhitzt wird. In der Bleikammer oxydirt ſich die ſchweflige Säure mit den zuerſt eingetretenen ſalpetrigen Dämpfen und ſammelt ſich als Schwefelſäurehydrat mit den ſich condenſirenden Waſſerdämpfen am Boden. Das freigewordene Stickſtoffoxydgas bleibt aber nicht als ſolches zurück, ſondern nimmt aus der in die Kammer eingeführten Luft Sauerſtoff auf; es kehrt ſo in den Zuſtand der ſalpetrigen Dämpfe zurück und dient zur Oxydation einer neuen Menge von ſchwefliger Säure. Dem Stickſtoffoxydgas kommt ſonach die Rolle eines Sauerſtoffüberträgers von der atmoſphäriſchen Luft an die ſchweflige Säure zu. Damit das Gasgemiſch langſam durch die Bleikammer ſtreicht, ſind in dieſe Scheidewände *d*, *e*, *f* eingeſetzt, die abwechſelnd nur oben oder unten einen ſchmalen Zwiſchenraum freilaſſen. Bei *g* angelangt, ſoll die ſchweflige Säure vollſtändig in Schwefelſäure verwandelt und aus dem Gasgemiſche ausgeſchieden, die atmoſphäriſche Luft ihres Sauerſtoffgehaltes beraubt ſein. Der Reſt der Gaſe, beſtehend aus dem Stickſtoffe der eingeführten Luft, aus Waſſerdampf und Stickſtoffoxydgas, tritt bei *g* in einen gut ziehenden Schlot.

Die rohe Schwefelſäure, welche ſich am Boden der Bleikammer angeſammelt hat, zeigt nach dem gewöhnlichen Betriebe der Fabrication eine Dichte von 1,558 und enthält etwas über die Hälfte ihres Gewichts Schwefelſäurehydrat. Bei dieſer Concentration bleibt ſie am reinſten von ſchwefliger Säure ſowohl als von Stickſtoffoxyd. Sie wird durch Erhitzen zuerſt in offenen Bleiſchalen, dann in Platinkeſſeln bis zu einer Dichte von etwa 1,8 verdampft und als engliſche Schwefelſäure in den Handel gebracht. Dieſe iſt eine für ſich farbloſe, gewöhnlich jedoch durch hineingefallene organiſche Subſtanzen braun gefärbte, ölige Flüſſigkeit, welche neben dem Schwefelſäurehydrat noch etwa ein Viertheil ihres Gewichtes Waſſer enthält. Wird die engliſche Schwefelſäure bis zum Sieden erhitzt,

Digitized by Google

so enthalten die Dämpfe zuerst viel Wasser mit wenig Schwefelsäurehydrat, später immer weniger Wasser, indem sich der Siedepunkt nach und nach bis 326° C. erhöht. Bei dieser Temperatur wird der Siedepunkt beständig, die Dämpfe und die siedende Flüssigkeit haben eine gleiche Mischung; es verdampft reines Schwefelsäurehydrat.

Das Schwefelsäurehydrat erhält man also rein, wenn man Schwefelsäure in einer Retorte destillirt und die Vorlage wechselt, sobald der Siedepunkt die Temperatur von 326° C. erreicht hat. Dasselbe enthält in 100 Theilen

Schwefelsäure . .	100
Wasser	22,5;

Der Sauerstoffgehalt des Wassers ist also ein Drittheil vom Sauerstoffgehalte der Schwefelsäure. Es ist eine wasserhelle, ölartige Flüssigkeit von der Dichte 1,848; es gefriert bei — 38° C. und siedet bei 326° C. In ihm sind Wasser und Schwefelsäure am festesten mit einander verbunden. Das Wasser kann aber leicht, wie bei dem Salpetersäurehydrat, durch ein hinzutretendes basisches Oxyd verdrängt werden; dann entstehen schwefelsaure Salze, und zwar neutrale, wenn der Sauerstoffgehalt der hinzugetretenen Base gleich ist dem Sauerstoffgehalte des verdrängten Hydratwassers. Diese sind in Wasser mit wenigen Ausnahmen löslich; die sauren Salze lösen sich alle in Wasser; die basischen dagegen nicht.

Die neutralen schwefelsauren Salze der stärkeren Basen, wie der Alkalien und alkalischen Erden halten die Glühhitze aus, ohne sich zu verändern; die Salze der schwächeren Basen werden beim Glühen zersetzt; sie entwickeln dabei reine Schwefelsäure oder schweflige Säure, oder Schwefelsäurehydrat.

Die Schwefelsäure ist eine der mächtigsten Säuren und wird deshalb um so häufiger zur Ausscheidung anderer Säuren aus ihren Salzverbindungen benutzt, als sie zugleich einen sehr niedrigen Preis hat. So beruht die in §. 137 beschriebene Darstellung des Salpetersäurehydrates auf der stärkeren Verwandtschaft der Schwefelsäure zum Kali.

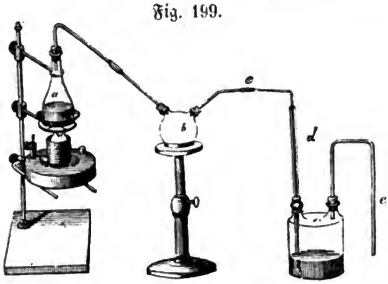
Wie zu den basischen Oxyden, so hat die Schwefelsäure auch zu dem Wasser eine sehr kräftig wirkende Verwandtschaft. Das Vermögen der concentrirten englischen Schwefelsäure, tropfbarflüssiges oder dampfförmiges Wasser an sich zu ziehen, ist so bedeutend, daß man sie sehr häufig zum Austrocknen von Gasen benutzt, indem man das Gas entweder blasenweise durch sie hindurchführt, oder durch eine Röhre streichen läßt, welche mit Bimssteinstückchen oder Asbestfäden erfüllt ist, die mit Schwefelsäure benetzt sind.

Bringt man Metalle mit Schwefelsäurehydrat zusammen, so bilden sich schwefelsaure Metalloxydsalze; die Oxydation des Metalls findet aber

Digitized by Google

meistens auf Kosten eines Theils der Schwefelsäure Statt, welche zu schwefliger Säure desoxydirt wird. Darauf beruht eine einfache Methode, wässerige schweflige Säure zu bereiten. Im Kolben *a*, Fig. 199, befinden

Fig. 199.



sich Kupferspähne und concentrirte Schwefelsäure, welche erhitzt schwefelsaures Kupferoxyd und schweflige Säure bilden.

Die schwefligsauren Dämpfe setzen in der Kugelvorlage *b* den größten Theil des anhängenden Wassers ab und werden in der mit Wasser versehenen Waschflasche *c* von beigemengter Schwefelsäure befreit. Die schweflige Säure entweicht rein, wenn auch nicht ganz trocken, aus der Röhre *e* und wird von kaltem Wasser absorbirt. Die hier angewandte Waschflasche hat eine einfache Einrichtung, durch welche das Sicherheitsrohr (vergl. S. 239) erspart wird. In die eine Tubulatur ist nämlich eine weite Glasröhre *d* von etwa $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser eingesetzt, deren Mündung sich knapp unter dem Wasserspiegel befindet. Die Gasleitungsröhre geht tiefer hinunter und hat eine etwas schräge Richtung, so daß die austretenden Gasblasen nicht in das weite Rohr gelangen können; der Zwischenraum zwischen der Gasleitungsröhre und dem weiteren Rohre ersetzt die Sicherheitsröhre.

Auf kohlenstoffreiche organische Substanzen, wie auf Stroh, Sägespähne u. dergl., so wie auf Kohle, wirkt die concentrirte Schwefelsäure in ähnlicher Weise. Es entsteht Kohlensäure aus dem Kohlenstoffe und schweflige Säure; der Sauerstoff tritt von der Schwefelsäure theilweise an den Kohlenstoff der mit ihr zusammengebrachten Substanz. Die organischen Substanzen werden dabei schwarz gefärbt, aber nicht wahrhaft verkohlt.

Minder concentrirte Schwefelsäure, d. h. viel Wasser haltendes Schwefelsäurehydrat, wird durch die meisten Metalle nicht desoxydirt, sondern leitet eine Oxydation derselben, wie des Zinks (vergl. §. 104) auf Kosten des Wassers ein, unter Entwickelung von Wasserstoffgas und Bildung von schwefelsaurem Oxydsalz.

Digitized by Google

Wasserleere Schwefelsäure. — Vitriolöl. Das Verhalten, welches die schwefelsauren Salze der schwächeren Basen in der Glühhitze zeigen, macht es möglich, die Schwefelsäure von ihrem Hydratwasser getrennt darzustellen. Unter den Salzen der bezeichneten Art ist das unter dem Namen grüner Vitriol oder Eisenvitriol bekannte schwefelsaure Eisenoxydul am häufigsten. Das krystallisirte Salz besteht aus: §. 154.

Eisenoxydul . . .	26
Schwefelsäure . . .	29
Wasser	45.

Erhitzt man dasselbe, so entweichen zuerst bei einer Temperatur von 140° C. 38 % Wasser oder sechs Siebentheile des ganzen Wassergehaltes; das letzte Siebentheil Wasser ist aber weit fester gebunden und wird erst durch eine Erhitzung bis auf 280° C. ausgetrieben. Findet die Erhitzung in einem luftleeren Raume Statt, so geht die Entwässerung ohne allen Verlust an Säure vor sich. Der Rückstand nach dem Glühen ist dann wasserleeres Salz von der Zusammensetzung:

Eisenoxydul . .	47
Schwefelsäure. .	53,

welches bei noch höher gesteigerter Temperatur zunächst in schwefelsaures Eisenoxyd und in schweflige Säure zerfällt, indem sich das Oxydul auf Kosten der einen Hälfte des Schwefelsäuregehaltes in Oxyd verwandelt.

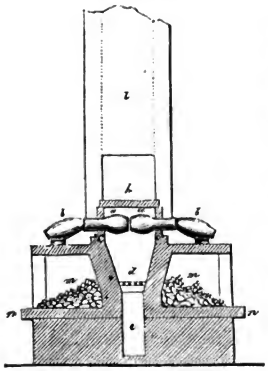
Zu Anfang des Glühens entweicht also schwefligsaures Gas so lange, bis alles Eisenoxydul in Oxyd übergegangen ist. Ist aber die Zersetzung bis zu diesem Punkte vorgeschritten, so läßt das nun entstandene Eisenoxydsalz seine Säure ohne Weiteres dampfförmig fahren, unter Zurücklassung von Eisenoxyd. Wollte man daher reinen Eisenvitriol zur Darstellung von Schwefelsäure glühen, so würde man nothwendiger Weise zugleich viel schweflige Säure erhalten müssen und nur die Hälfte des Schwefelsäuregehaltes isolirt gewinnen können.

Fabrikmäßig bereitet man aus dem Eisenvitriol keine wasserleere Schwefelsäure, sondern eine Mischung von Schwefelsäurehydrat mit wasserleerer Säure, die rauchende Schwefelsäure oder das Nordhäuser Vitriolöl. Um den Verlust von Schwefelsäure und die Entstehung von schwefliger Säure möglichst zu verhüten, läßt man den Vitriol längere Zeit an der Luft liegen und erhitzt ihn zur Austrocknung unter Luftzutritt. Dabei oxydirt sich das Eisenoxydul zu Eisenoxyd auf Kosten des Sauerstoffs der Atmosphäre. Das Glühen und das Austrocknen des

Digitized by Google

Vitriols wird neben einander in dem nämlichen Ofen, Fig. 200, ausgeführt. Die Glühgefäße *a* bestehen aus Schmelztiegelmasse und sind über der Feuerung *d* eingemauert. In dem Raume *m* neben der Feuerung wird der Vitriol ausgetrocknet, aber nicht ganz vollständig entwässert, er wird calcinirt. Jedes Glühgefäß wird mit etwa $2\frac{1}{2}$ Pfund calcinirten Vitriols beschickt. Zu Anfang des Glühens entweicht stets noch etwas Wasser und schweflige Säure, erst später entwickelt sich wasserfreie Schwefelsäure mit Schwefelsäurehydrat in nebelartigen Dämpfen. Sobald dies geschieht, setzt man die Vorlagen *b* an und verkittet die Fugen. Damit die Condensation rasch erfolgt, ist ein wenig Wasser vorgeschlagen. Die Erhitzung wird bis zur Weißglühhitze gesteigert und währt im Ganzen etwa 36 Stunden; hört die Entwickelung schwefelsaurer Dämpfe auf, so kühlen sich die Vorlagen wieder ab.

Fig. 200.



Die rauchende Schwefelsäure ist eine ölbicke Flüssigkeit von der Dichte 1,9. Gewöhnlich ist sie durch organische Substanzen braun gefärbt. Schon bei gewöhnlicher Temperatnr giebt sie Dämpfe von wasserfreier Schwefelsäure aus, die aus der Luft begierig Wasser anziehen und damit weiße Nebel bilden. Bis 32° R. oder 40° C. erhitzt, geräth sie in das Sieden; die Dämpfe sind wasserfreie Säure, der Rückstand ist Schwefelsäurehydrat.

Nimmt man die Erhitzung der rauchenden Schwefelsäure in einer Retorte vor und fängt die Dämpfe in einer mit Eis umgebenen, ohne Kitt angesetzten, ganz trockenen Vorlage auf, so erstarren sie hier zu einer faserigen, seideglänzenden Masse von wasserfreier Schwefelsäure, welche bei 16° R. oder 20° C. schmilzt und schon bei 24° R. oder 30° C. siedet.

Die Auflösung der wasserleeren Schwefelsäure in Wasser ist mit einer sehr beträchtlichen Wärmeentwickelung verbunden, und schon daraus läßt sich entnehmen, daß dieselbe mit dem Wasser nicht eine bloße Auflösung bildet, sondern sich chemisch damit zu Hydraten verbindet (vergl. §. 57). Beim Vermischen mit einem Ueberschusse von Wasser werden im Ganzen 505 (vergl. S. 151) Wärmeeinheiten entwickelt. Davon kommt auf die Verbindung von wasserleerer Säure mit Wasser zu Schwefelsäurehydrat 310, also $^{8}/_{13}$ vom Ganzen, der Rest auf die Verbindung von Schwefelsäurehydrat mit Wasser, wobei diese noch fünfmal so viel Wasser aufnimmt, als sie bereits enthält.

Digitized by Google

Aus dieſem Grunde iſt das Vermiſchen der concentrirten Schwefelſäure mit Waſſer ſtets eine ſehr mißliche Sache. Man darf nie die Schwefelſäure in das Waſſer gießen, ohne zu befürchten, daß durch augenblickliche Dampfbildung ein exploſionsähnliches Umherſpritzen veranlaßt wird. Soll die Miſchung in Glasgefäßen vorgenommen werden, ſo läßt man die Säure nach und nach, unter ſtetem Umrühren, in Form eines feinen Strahles in das Waſſer einfließen.

Verbindungen des Schwefels mit den Metallen und mit Kohlenſtoff. Der Schwefel verbindet ſich mit allen Metallen, und zwar mit den meiſten direct, wenn man das Metall mit dem Schwefel zuſammenſchmilzt. Die Schwefelmetalle ſind ſtarr und ſpröde. In ihnen vertritt der Schwefel die Stelle des Sauerſtoffs, indem gewöhnlich jeder Oxydationsſtufe eines Metalls eine Schwefelungsſtufe entſpricht. Man bezeichnet die verſchiedenen Schwefelungsſtufen nach Analogie der Oxydationsſtufen; die den Oxydulen entſprechenden heißen Sulphüre, die den Oxyden entſprechenden Sulphide u. ſ. w. Die binären Schwefelverbindungen treten mit einander zuſammen zu Verbindungen zweiter und höherer Ordnung, und dabei ſpielen einige die Rolle von Baſen, andere von Säuren. Wie bei der Oxydation, ſo wird auch bei der Verbindung der Metalle mit Schwefel eine oft bis zum Glühen geſteigerte Wärme erzeugt. Erhitzt man z. B. Schwefel in einem kleinen Kölbchen, bis dieſes mit Schwefeldampf erfüllt iſt, ſo verbrennen hineingeworfene feine Kupfer- und Silberblättchen mit Lebhaftigkeit. §. 155.

Ein Gemenge von Kohle und von einem ſchwefelſauren Salze mit ſtarker Baſis zerſetzt ſich in Schwefelmetall und Kohlenſäure, indem ſich die Kohle des Sauerſtoffs ſowohl der Baſis, als auch der Säure bemächtigt und als Kohlenſäure entweicht. So werden namentlich aus den ſchwefelſauren Alkalien und alkaliſchen Erden durch Glühen mit Kohle oder kohlenſtoffreichen organiſchen Stoffen die Schwefelverbindungen der Alkalimetalle und alkaliſchen Erdmetalle erzeugt.

Verdünnte wäſſerige Löſungen von ſchwefelſauren Salzen werden von verweſenden organiſchen Subſtanzen allmälig in derſelben Weiſe verändert. Der Kohlenſtoff und Waſſerſtoff der organiſchen Subſtanz bemächtigt ſich des Sauerſtoffs der Baſis ſowohl, als der Schwefelſäure und läßt eine Schwefelverbindung zurück. Der in den Quellen häufig aufgelöſte Gips z. B. iſt ſchwefelſaures Calciumoxyd; es entſteht Schwefelcalcium, wenn gipshaltiges Waſſer durch ſumpfigen oder moorigen Boden fließt.

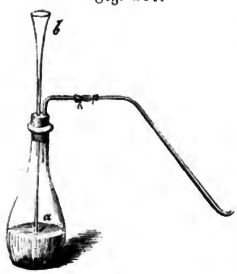
Auf ähnliche Weiſe, wie mit den Metallen, wird der Schwefel auch mit dem Kohlenſtoffe zuſammengebracht. Eine Verbindung von 16 Gewichtstheilen Kohlenſtoff mit 84 Gewichtstheilen Schwefel entſteht, wenn

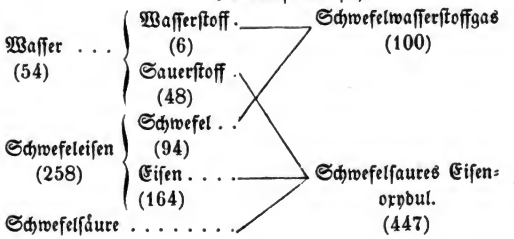
Digitized by Google

man Schwefeldämpfe über glühende Kohlen streichen läßt. Der Schwefelkohlenstoff ist bei gewöhnlichen Temperatur tropfbarflüssig und wasserhell; er hat die Dichte 1,27, riecht unangenehm gewürzhaft, siedet bei 36° R. oder 45° C. und ist sehr leicht entzündlich. In Wasser ist er unlöslich; Schwefel löst sich in ihm mit gelber Farbe reichlich auf. Er verbindet sich mit basischen Sulphiden, wie die Kohlensäure mit den basischen Oxyden.

§. 156. **Schwefelwasserstoff. — Hydrothionsäure; hydrothionige Säure.** Viele Schwefelmetalle lösen sich gleich den reinen Metallen in verdünnten Säuren unter starker Gasentwickelung auf. Das entwickelte Gas ist aber schon durch den üblen Geruch vom Wasserstoffgase unterschieden, welches sich bildet, wenn die Wasserzersetzung durch die prädisponirende Verwandtschaft eines Metalloxydes zu einer Säure eingeleitet wird (vergl. §. 104). Die Elemente des Wassers vertheilen sich im vorliegenden Falle auf die Elemente des Schwefelmetalls; gleichzeitig entsteht Metalloxyd, welches mit der Säure zu einem Salze zusammentritt, und Schwefelwasserstoff, welcher gasförmig entweicht. Gewöhnlich bedient man sich zur Darstellung von Schwefelwasserstoffgas des Einfach-Schwefeleisens und der verdünnten Schwefelsäure. Erbsengroße Stücke von Schwefeleisen werden in der Gasentbindungsflasche *a*, Fig. 201, mit Wasser übergossen; dann wird der doppelt durchbohrte Kork aufgesetzt und durch die Trichterröhre concentrirte Schwefelsäure zugegeben. Die Mischung der concentrirten Schwefelsäure mit dem Wasser entwickelt so viel Wärme, als zur Zersetzung nöthig ist. Die Zersetzung selbst geht in folgender Weise vor sich:

Fig. 201.





Das Schwefelwasserstoffgas ist farblos und hat einen eigenthümlich widrigen Geruch, denselben, welchen faule Eier entwickeln. Seine Dichte

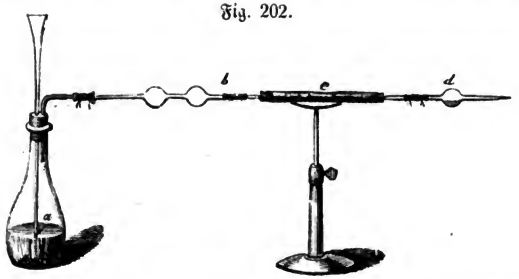
Digitized by Google

ist 1,19. Es kann condensirt werden, bei —73° C. durch etwas mehr als den einfachen atmosphärischen Druck, bei 0° durch einen Druck von etwa 10 Atmosphären. Ein Maß Wasser absorbirt von diesem Gase 2,5 Maße. Das Gas kann also nicht gut über Wasser aufgesammelt und abgesperrt werden.

Das Schwefelwasserstoffgas ist leicht entzündlich und verbrennt mit blaßblauer Flamme zu Wasser und zu schwefliger Säure. Es kann aber weder rein, noch mit atmosphärischer Luft gemengt, ohne Nachtheil eingeathmet werden, sondern erzeugt Kopfweh und Ohnmacht.

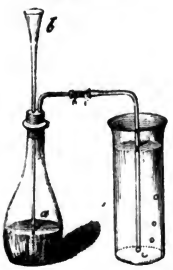
Erhitzt man Zinn in der Kugel *d*, Fig. 202, unter einem Strome

Fig. 202.



von trockenem Schwefelwasserstoffgas, welches in der Flasche *a* entwickelt wird, so entsteht Schwefelzinn, und Wasserstoffgas wird frei.

Fig. 203.



Leitet man einen Strom von Schwefelwasserstoff auf die in Fig. 203 ersichtliche Weise durch die Auflösung eines Bleioxydsalzes, z. B. des Bleizuckers, so tritt eine Zersetzung durch doppelte Wahlverwandtschaft ein unter Bildung von Wasser und Schwefelblei.

$$\text{Bleioxyd}\begin{cases}\text{Blei}\\ \text{Sauerstoff}\end{cases}\begin{cases}\overbrace{\text{Schwefel}}^{\text{Schwefelblei}}\\ \underbrace{\text{Wasserstoff}}_{\text{Wasser}}\end{cases}\begin{cases}\text{Schwefel-}\\ \text{wasserst.}\end{cases}$$

Dasselbe Verhalten gegen Schwefelwasserstoffgas, wie Bleioxydlösungen, zeigen auch diejenigen vieler anderen Metalloxyde. Der Schwefelwasserstoff ist deshalb ein vorzügliches Ausscheidungsmittel für die Metalle. Die Ausscheidung findet aber nur bei einigen Metalloxyden, deren entspre-

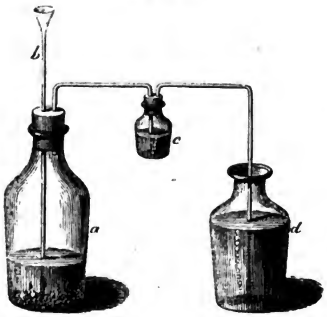
Digitized by Google

chende Schwefelverbindungen zugleich in Säuren, wenigstens in der Kälte und in den Alkalien unlöslich sind, unter jeder Bedingung Statt, wie bei dem Bleioxyde. Andere Schwefelmetalle, wie das Schwefeleisen, sind durch Säuren leicht zersetzbar, noch andere verbinden sich mit Schwefelalkalimetallen zu löslichen Schwefelsalzen; die ersten bilden sich deshalb nicht in Auflösungen mit vorherrschender Säure, die zweiten nicht in Auflösungen mit vorherrschenden alkalischen Basen.

Der Schwefelwasserstoff ist zwar die dem Wasser entsprechende Schwefelverbindung; er ist aber nicht neutral, wie das Wasser, sondern trägt deutlich den Charakter einer Säure. Er liefert das erste Beispiel einer sauerstoffleeren Säure, und zwar einer Wasserstoffsäure. Zu eigentlichen Salzen verbindet er sich nicht mit den Sauerstoffbasen, sondern bildet mit ihnen, wie oben angegeben, Schwefelmetalle unter Ausscheidung von Wasser. Dagegen tritt er mit Schwefelbasen zu wahren *Schwefelsalzen* zusammen, wie z. B. mit dem Schwefelkalium. Der Schwefelwasserstoff führt auch die Namen *Schwefelwasserstoffsäure* oder *Hydrothionsäure*.

Wasser, welches durch Absorption mit Schwefelwasserstoffgas gesättigt ist, heißt *wässeriger Schwefelwasserstoff* oder *Schwefelwasserstoffwasser*. Um es rein zu erhalten, läßt man das in einer Gasentbindungsflasche, *a*, Fig. 204, entwickelte Schwefelwasserstoffgas erst durch das Wasser der Waschflasche *c* streichen und dann in das möglichst kühle Absorptionswasser. Das Schwefelwasserstoffwasser färbt blaues Lackmuspapier schwach roth, hat den Geruch des Gases und schmeckt fade süßlich. An der Luft verliert es nach und nach das absorbirte Gas, durch Erhitzen bis zum Sieden sehr rasch. Bei längerer Berührung mit der Luft zersetzt es sich zu schwefliger Säure und Wasser.

Fig. 204.



Es giebt außer dem Schwefelwasserstoffe auch noch eine andere, und zwar höhere Schwefelungsstufe des Wasserstoffs, welche eine gelbe ölartige Flüssigkeit darstellt und *hydrothionige Säure* genannt wird. Die

Hydrothionsäure besteht aus 100 Wasserstoff und 1600 Schwefel;
hydrothionige Säure » » 100 » » 8000 » .

Digitized by Google

Verbreitung des Schwefels. Der Schwefel ist ein sehr verbreitetes Element. Außer im gediegenen Zustande findet er sich auch in vielen Verbindungen, unter denen die schwefelsauren Salze und die Schwefelmetalle die wichtigsten sind. Ein schwefelsaures Salz, nämlich der Gips, geht im Großen mit in den Bau der Gebirge ein. Die Schwefelmetalle, bekannt unter dem Namen der Blenden, Kiese und Glanze, werden vielfach bergmännisch gewonnen und sind das Material zur Darstellung vieler Metalle. Auch in der organischen Natur ist der Schwefel ein wichtiges Element, namentlich als Bestandtheil der eiweißähnlichen Stoffe. § 157.

7. Selen.

Ein dem Schwefel in jeder Beziehung nahe verwandter Elementarstoff ist das Selen. Dasselbe gehört zu den seltensten Elementen, es findet sich theils dem vulcanischen Schwefel beigemengt, so auf der liparischen Insel Volcano, theils an Metalle gebunden. Es ist bleigrau, metallglänzend, spröde und giebt ein rothes Pulver; sein spec. Gewicht ist 4,32; es schmilzt bei 100° C. und siedet ungefähr bei 700° C.; sein Dampf ist dunkelgelb. § 158.

8. Phosphor.

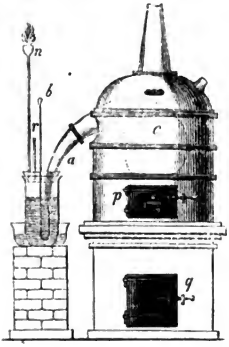
Vorkommen des Phosphors. In der Natur findet sich der Phosphor nur in Verbindung mit anderen Stoffen, und zwar gewöhnlich mit Sauerstoff als Phosphorsäure. Aber auch die Phosphorsäure kommt in den Mineralien sehr selten vor, schon reichlicher in den Pflanzenaschen, am reichlichsten im thierischen Organismus, indem sie einen wesentlichen Bestandtheil der Knochen ausmacht. § 159.

Darstellung des Phosphors. Der Phosphor wird fabrikmäßig aus den Knochen bereitet. Die weißgebrannten Knochen, welche fast nur aus phosphorsaurer und kohlensaurer Kalkerde bestehen, werden pulverisirt und mit so viel Schwefelsäure in der Wärme behandelt, daß unter Ausscheidung von schwefelsaurer Kalkerde alle Kohlensäure ausgetrieben und die in Wasser unlösliche basisch phosphorsaure Kalkerde der Knochen in lösliche saure phosphorsaure Kalkerde verwandelt wird. Für 3 Gew.-Theile Knochenasche sind 2 Gew.-Theile concentrirte Schwefelsäure erfor- § 160.

Digitized by Google

derlich, die mit etwa 16 Theilen Wasser verdünnt werden. Die gebildete schwefelsaure Kalkerde setzt sich ab, die phosphorsäurehaltige Flüssigkeit wird davon durch Abgießen und Auspressen getrennt, in gußeisernen Kesseln zu einer zähen Flüssigkeit eingedampft, mit $^3/_4$ Gew.-Theilen Kohlenpulver gemengt und unter beständigem Umrühren bis zum Rothglühen erhitzt. Die geglühte Masse wird nach dem Abkühlen möglichst schnell in die thönerne Retorte *c*, Fig. 205, gebracht und einer anhaltenden Weißglühhitze ausgesetzt. Der Schnabel der Retorte mündet in ein weites Kupferrohr *a*, dessen Mündung etwa $^1/_4$ Zoll tief in warmes Wasser taucht und bei etwaiger Verstopfung durch den Draht *b* gereinigt werden kann. Die Kohle wirkt in der Weißglühhitze desoxydirend auf die Phosphorsäure; es entsteht Phosphordampf und Kohlenoxydgas; der erste condensirt sich bei seinem Durchgange durch das vorgeschlagene Wasser, das andere entweicht aus der Oeffnung der Röhren *n* und *r*. Alle Phosphorsäure wird indeß auf diese Weise nicht zersetzt, die Kohle desoxydirt nur den Theil derselben, welcher mit der vorhandenen Kalkerde nicht zu dem gewöhnlichen basisch phosphorsauren Kalksalze vereinigt werden kann; und da überdies die Masse nie von allem Wasser befreit ist, ehe sie in den Retorten geglüht wird, so entsteht zugleich auch Phosphorwasserstoffgas (s. §. 169).

Fig. 205.



Der rohe Phosphor sammelt sich und erstarrt unter dem vorgeschlagenen Wasser; er ist stets mit etwas Kohlenphosphor verunreinigt, welcher mit seinen Dämpfen mechanisch fortgerissen wurde. Davon befreit man ihn auf die Weise, daß man ihn unter heißem Wasser durch Gemsleder preßt, in welchem der Kohlenphosphor zurückbleibt.

§. 161. **Eigenschaften des Phosphors.** Der Phosphor ist bei gewöhnlicher Temperatur weich, wie Wachs, bei 0° spröde; er ist farblos, fettglänzend, durchscheinend und hat die Dichte 1,77. Er schmilzt bei etwa 36° R. oder 45° C. zu einem wasserhellen Oele und siedet bei 290° C.; er verdampft aber schon weit unter dem Siedepunkte, und zwar um so leichter, je luftverdünnter der Raum ist, in dem er sich befindet. Der Phosphordampf ist farblos und hat einen knoblauchartigen Geruch; er zeichnet sich besonders dadurch aus, daß er im Dunkeln leuchtet, auch bei Abwesenheit von atmosphäri-

Digitized by Google

scher Luft und Sauerstoff, wie im Wasserstoffgas und im luftleeren Raume unter dem Recipienten der Luftpumpe.

Der Phosphor ist außerordentlich leicht oxydirbar. Schon unter 0° oxydiren sich seine Dämpfe, wenn sie mit der atmosphärischen Luft gemengt werden. Bei gewöhnlicher Temperatur wird durch diese langsame Oxydation so viel Wärme entwickelt, daß sich auch der starre Phosphor leicht entzündet. Man muß ihn deshalb unter Wasserbedeckung aufbewahren. Bei dieser Aufbewahrungsweise überzieht er sich mit einer weißen undurchsichtigen Rinde, welche zwar nichts Anderes enthält, als Phosphor, aber vom gewöhnlichen Phosphor sowohl durch die etwas geringere Dichte 1,5, als auch durch einen um einige Grade höheren Siedepunkt verschieden ist.

Der entzündete Phosphor brennt mit blendend weißer Flamme. Die Temperatur der Phosphorflamme ist sehr hoch, und man muß sich schon deshalb bei Versuchen mit Phosphor sehr in Acht nehmen, ihn wo möglich nur unter Wasser angreifen. Brandwunden, durch Phosphor erzeugt, sind überdies sehr gefährlich und schmerzhaft. Dagegen ist die Flamme des Phosphors nicht sehr feuergefährlich; ein hineingehaltenes Papier verbrennt selten. Die Ursache dieser Erscheinung mag darin liegen, daß das Verbrennungsproduct des Phosphors, die Phosphorsäure, die von der Flamme berührten Gegenstände oberflächlich überzieht und vor dem Zutritte der Luft schützt. Auch durch Reibung wird der Phosphor sehr leicht entzündet, und diese Eigenschaft benutzt man bei den jetzt sehr verbreiteten und sehr bequemen Streichfeuerzeugen. Die Masse zu den gegenwärtig gebräuchlichsten ist ein inniges Gemenge von 16 Theilen Braunstein, 16 Theilen Salpeter, 12 Theilen Gummi und 5 Theilen Phosphor. Braunstein, Salpeter und Gummi werden mit Wasser zu einem dicken Brei angerührt, auf 32° R. oder 40° C. erwärmt und nun der Phosphor vorsichtig zugerührt. Von der erkalteten Masse streicht man etwas an ein Feuerschwammstückchen, oder an das Ende eines vorher in Schwefel getauchten Holzstückchens. Diese Feuerzeuge sind blos so lange brauchbar, als die Phosphormasse trocken ist; man muß sie deshalb an trockenen Orten aufbewahren, oder besser, man schützt sie durch einen dünnen Ueberzug von Copalfirniß über die Zündmasse vor dem Naßwerden.

Der Genuß des Phosphors ist allen Thieren sehr schädlich, er wirkt schon in geringen Mengen tödtlich. Man bereitet daraus das wirksamste Mäusegift, indem man einen Theil Phosphor in einer Reibschale mit 64 Theilen heißen Wassers übergießt und nach und nach mit einer dem Wasser ungefähr gleichen Gewichtsmenge Mehl zu einem Teige verreibt, aus welchem man Pillen formt.

Digitized by Google

Der Phosphor löst sich nicht in Wasser, wohl aber in Schwefelkohlenstoff, Aether, Fetten und flüchtigen Oelen.

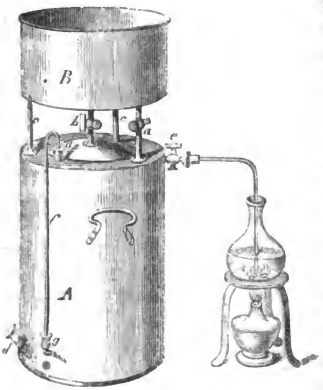
§. 162. **Verbindungen des Phosphors mit dem Sauerstoffe.** Der Phosphor geht mit dem Sauerstoffe vier verschiedene Verbindungen ein, von denen drei Säuren sind:

100 Phosphor bilden mit 12,7 Sauerstoff Phosphoroxyd,
100 » » » 25,4 » unterphosphorige Säure,
100 » » » 76,4 » phosphorige Säure,
100 » » » 127,4 » Phosphorsäure.

Von diesen Oxydationsstufen zeigt die höchste, die Phosphorsäure, die meiste Beständigkeit und bildet sich am häufigsten. Bei der Verbrennung des Phosphors bilden sich Phosphoroxyd, phosphorige Säure und Phosphorsäure.

§. 163. **Phosphoroxyd.** Bei jeder Verbrennung von Phosphor erhält man an der Stelle, wo die Verbrennung vor sich ging, einen orangerothen Rückstand, der erst bei einer Erhitzung auf 300° C. völlig verschwindet. Dieser rothe Rückstand ist das neutrale Phosphoroxyd. Um viel davon zu erhalten, muß man verhüten, daß die Temperatur während der Verbrennung nicht zu hoch steigt; man breitet deshalb den zu entzündenden Phosphor auf einer Porzellanschale in einer recht dünnen Schicht aus. Das Phosphoroxyd löst sich in Wasser nicht auf. Schmilzt man Phosphor in einem Kölbchen, Fig. 206, unter Wasser und läßt aus einer engen Gasleitungsröhre Sauerstoffgas in einzelnen Blasen zutreten, so entzündet er sich mit Flamme; die höheren Oxydationsproducte lösen sich im Wasser auf, der Phosphoroxyd schwimmt darin in einzelnen Flocken.

Fig. 206.

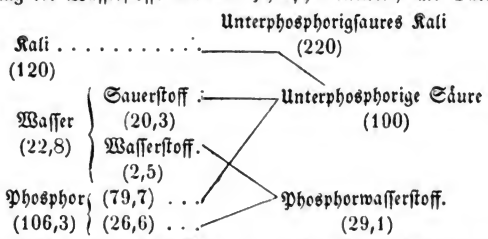


Die rothe Färbung, welche aller Phosphor annimmt, wenn er dem Lichte ausgesetzt ist, beruht wahrscheinlich auch auf der Bildung von Phosphoroxyd.

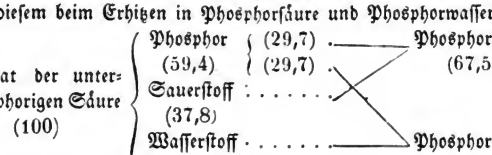
§ 164. **Unterphosphorige Säure.** Die unterphosphorige Säure gehört nicht zu den Verbrennungsproducten des Phosphors, sondern bildet sich, wenn die wässerige Auflösung einer starken Basis, z. B. des Kali's, oder der Barylerde mit Phosphor zusammengekocht wird. Ihre Bildung

Digitized by Google

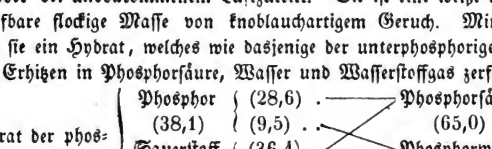
beruht darauf, daß das Waſſer zerſetzt wird, und ſeine beiden Elemente an den Phosphor treten; die entſtehende Verbindung des Sauerſtoffs mit dem Phosphor iſt die unterphosphorige Säure, welche ſich des Kali's bemächtigt und als unterphosphorigſaures Kali aufgelöſt bleibt; die Verbindung des Waſſerſtoffs mit dem Phosphor entweicht als Gas.



Sie kann auch in ihren Salzen nicht ohne Waſſer beſtehen und zerfällt mit dieſem beim Erhitzen in Phosphorſäure und Phosphorwaſſerſtoffgas.



Phosphorige Säure. Die phosphorige Säure iſt das Haupt- §. 165.
product der langſamen Verbrennung des Phosphors bei niederer Temperatur oder bei unvollkommenem Luftzutritt. Sie iſt eine weiße leicht verdampfbare flockige Maſſe von knoblauchartigem Geruch. Mit Waſſer bildet ſie ein Hydrat, welches wie dasjenige der unterphosphorigen Säure beim Erhitzen in Phosphorſäure, Waſſer und Waſſerſtoffgas zerfällt.



Phosphorſäure. Die Phosphorſäure iſt das vollkommene Ver- §. 166.
brennungsproduct des Phosphors, ſie bildet ſich faſt immer, wenn auch in geringer Menge mit den niedrigeren Oxydationsſtufen zugleich, und aus dieſen durch höhere Oxydation.

Man erhält die Phosphorſäure waſſerfrei bei der raſchen Verbrennung des Phosphors in trockener Luft. Entzündet man einige Gran Phosphor

Digitized by Google

in einem Porzellanſchälchen, welches auf einem Teller ſteht, und ſtülpt eine Glasglocke darüber, ſo füllt ſich dieſe mit einem dichten Nebel, der ſich bald in ſchneeweißen geruchloſen Flocken auf dem Teller und an den Wänden der Glocke niederſchlägt. Dieſe Flocken ſind waſſerleere Phosphorſäure. Sie ziehen ſchon aus der Luft leicht Waſſer an und zerfließen; mit Waſſer übergoſſen löſen ſie ſich unter Wärmeentwickelung auf. Die wäſſerige Phosphorſäure iſt farblos, ſchmeckt ſtark ſauer und röthet Lackmuspapier, enthält aber nicht mehr waſſerleere Phosphorſäure in Auflöſung, die nach dem Verdampfen des Waſſers zurückbliebe, ſondern ein Phosphorſäurehydrat. Ein Theil des zur Auflöſung verwendeten Waſſers iſt alſo mit der Säure chemiſch verbunden, und daher rührt die Wärmeentwickelung während der Auflöſung.

§. 167. **Hydrate der Phosphorſäure.** Es giebt drei verſchiedene Hydrate der Phosphorſäure:

100 Th. Phosphorſäure verbinden ſich mit 37,8 Waſſer zu gewöhnlicher Phosphorſäure, c. Phosphorſäure oder Phosphorſäuretrihydrat.

100 » » » » » 25,2 Waſſer zu Pyrophosphorſäure, b. Phosphorſäure oder Phosphorſäurebihydrat.

100 » » » » » 12,6 Waſſer zu Metaphosphorſäure, a. Phosphorſäure oder Phosphorſäureprotohydrat.

Die gewöhnliche Phosphorſäure erhält man durch Behandlung der rohen waſſerleeren Phosphorſäure mit Salpeterſäure. Die Salpeterſäure oxydirt die darin noch vorhandenen Mengen von Phosphoroxyd und phosphoriger Säure, entweicht bei ſtarkem Abdampfen der Löſung, und läßt gewöhnliche Phosphorſäure zurück.

Daſſelbe Hydrat entſteht, wenn Phosphor in einer hinreichenden Menge von Salpeterſäure gelöſt und die Löſung bis zur völligen Verflüchtigung der ſalpetrigen Dämpfe und der Salpeterſäure verdampft wird.

Auch aus der Knochenaſche wird ſie gewonnen durch Abſcheiden aller Kalkerde vermittelſt Schwefelſäure.

Die wäſſerige Auflöſung der gewöhnlichen Phosphorſäure giebt beim Eindampfen einen dünnen Sirup, aus dem das reine Trihydrat auskryſtalliſirt. Dieſes verliert bis 149° C. erhitzt noch kein Waſſer,

Digitized by Google

bei 213° C. aber verwandelt es sich in Pyrophosphorsäure, unter Abgabe von 1/3 seines Hydratwassers. Die wässerige Lösung der Pyrophosphorsäure bleibt bei gewöhnlicher Temperatur unverändert, beim Erhitzen wird sie zu gewöhnlicher Phosphorsäure.

Eine wässerige Lösung der gewöhnlichen oder der Pyrophosphorsäure, so lange im Platintiegel abgedampft, bis kein Wasser mehr entweicht, hinterläßt eine sirupartige Flüssigkeit, welche in der Rothglühhitze als Ganzes verdampft, und beim Erkalten zu einem wasserhellen Glase gesteht. Dies ist die Metaphosphorsäure. Sie ist im Wasser löslich, und entsteht auch zunächst beim Zerfließen der wasserleeren Phosphorsäure. Ihre wässerigen Lösungen gehen schon bei gewöhnlicher Temperatur, schneller bei höherer, in gewöhnliche Phosphorsäure über.

Phosphorsaure Salze. Die drei Hydrate der Phosphorsäure müssen §. 168.
als drei verschiedene Säuren betrachtet werden. Vereinigen sie sich mit basischen Oxyden zu Salzen, so wird durch die hinzutretende Basis das Hydratwasser in einem solchen Verhältnisse verdrängt, daß der Sauerstoffgehalt der hinzugetretenen Base und derjenige des verdrängten Hydratwassers einander gleich sind. In der gewöhnlichen Phosphorsäure steht der Sauerstoffgehalt des Hydratwassers zum Sauerstoffgehalte der Säure im Verhältnisse von 3 zu 5, in der Pyrophosphorsäure von 2 zu 5, und in der Metaphosphorsäure von 1 zu 5. Dasselbe Verhältniß besteht auch zwischen dem Sauerstoffgehalt der Basen und der Säure in den neutralen gewöhnlichen, pyro- und metaphosphorsauren Salzen. Außer den neutralen Salzen liefert die gewöhnliche Phosphorsäure noch saure, die entweder nur 2/3 oder 1/3 so viel Basis aufgenommen haben, als die neutralen, dafür aber auch noch 1/3 oder 2/3 vom Hydratwasser zurückgehalten haben. Die ersten verwandeln sich beim Glühen in pyrophosphorsaure Salze, die zweiten in metaphosphorsaure, indem sie ihr zurückgehaltenes Hydratwasser gänzlich verlieren. Auch die Pyrophosphorsäure bildet saure Salze, welche halb so viel Basis enthalten, als die neutralen, und halb so viel Wasser, als das Hydrat. Treibt man das Wasser aus den sauren pyrophosphorsauren Salzen durch Glühen aus, so entstehen metaphosphorsaure Salze.

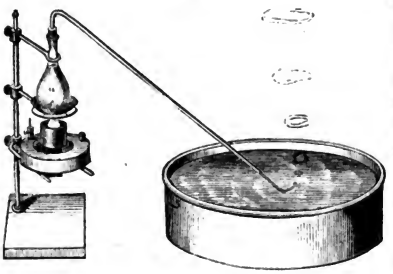
Außer diesen, den obigen drei Hydraten entsprechenden drei Reihen von phosphorsauren Salzen, giebt es aber auch noch andere ebenfalls eigenthümliche. Entschieden gilt dies für die Verhältnisse des Sauerstoffgehaltes zwischen Basis und Säure von $6 : 4 \times 5$ und von $6 : 5 \times 5$. Und von der Metaphosphorsäure treten mannigfaltige, namentlich auch hinsichtlich der Neigung zur Bildung von Doppelsalzen verschiedene Modificationen auf. Die Untersuchung der phosphorsauren Salze ist daher noch immer eine der schwierigsten Aufgaben.

Digitized by Google

§. 169. **Phosphorwasserstoff.** Das Auftreten eines Phosphorwasserstoffgases, welches aus 100 Phosphor und 9,5 Wasserstoff besteht, und seine Entstehungsweise ist schon bei Gelegenheit der unterphosphorigen und der phosphorigen Säure erwähnt worden.

Zur Darstellung von Phosphorwasserstoffgas dient am einfachsten die §. 164 angegebene Zersetzung des Wassers durch Kali und Phosphor. Eine kleine Retorte oder einen Kolben *a*, Fig. 207, füllt man mit wässeriger Kalilösung ziemlich voll, giebt einige erbsengroße Stücke Phosphor hinzu, läßt die Gasleitungsröhre unter Wasser tauchen und erhitzt ganz langsam. Die ersten Gasblasen entzünden sich von selbst, so wie sie mit der atmosphärischen Luft zusammentreffen, welche über der Flüssigkeit im Kolben zurückgeblieben ist. Man muß deshalb den Kolben mit Kalilösung möglichst voll füllen, damit die im Apparat zurückbleibende Luftmenge recht klein wird, und langsam erwärmen, damit zu Anfang nur kleine Gasblasen entstehen. Ohne Beachtung dieser Vorsichtsmaßregeln hat man zu befürchten, daß durch die mit der Entzündung verbundene, wenn auch schwache Explosion der Apparat zertrümmert wird. Ist der Sauerstoff der Luft im Inneren des Apparates verzehrt, so treten die Gasblasen aus der Gasleitung, entzünden sich, so wie sie in die Luft gelangen, mit hellem Lichte und schwachem Knall, und hinterlassen einen ringförmigen Rauch, welcher sich beim Aufsteigen erweitert und um sich selbst windet. Dieser Rauch besteht aus Phosphorsäure.

Fig. 207.



Das Phosphorwasserstoffgas kann nur über ausgekochtem luftfreiem Wasser aufgefangen werden, ohne in seinen Eigenschaften verändert zu werden. Es ist farblos, riecht aber sehr unangenehm, wie faule Fische. Seine Dichte ist 1,185; es kann zu einer wasserhellen Flüssigkeit condensirt werden. Zum Einathmen ist es untauglich und wirkt dabei geradezu schädlich.

Bei dem eben beschriebenen Versuche erhält man jedoch nie reines Phosphorwasserstoffgas, sondern mit Wasserstoffgas gemengtes, weil das gebildete unterphosphorigsaure Kali in Gegenwart von freiem Kali das Wasser zersetzt, indem es den Sauerstoff desselben aufnimmt und sich in phosphorsaures Kali verwandelt, den Wasserstoff desselben aber gasförmig entbindet.

Digitized by Google

Mit denselben Eigenschaften begabt, d. h. *selbstentzündlich*, erhält man das Phosphorwasserstoffgas bei der Zersetzung der Phosphormetalle mit wässerigen Säuren.

Erhitzt man aber das Hydrat der phosphorigen Säure (vergl. §. 165), oder löst man Zink und Eisen in phosphoriger Säure auf, oder kocht Kali und Phosphor nicht mit Wasser, sondern mit Weingeist, so entwickelt sich ein Gas von der Zusammensetzung und Dichte des vorigen, ein Gas, dem überhaupt alle Eigenschaften des vorigen gehören, mit Ausnahme der Selbstentzündlichkeit. Dasselbe verbrennt vielmehr erst, nachdem es erhitzt ist.

Das selbstentzündliche Gas verwandelt sich unter Umständen, die mit keiner bemerkbaren chemischen Einwirkung verbunden sind, in nichtselbstentzündliches Gas; so beim Aufbewahren über luftthaltigem Wasser, besonders im Sonnenscheine über kaliumhaltigem Quecksilber; ferner beim Einbringen von geglühter Kohle und reichlicherem Beimengen von anderen Gasen, wie Wasserstoffgas, Kohlensäure u. s. w.

Nichtselbstentzündliches Gas gewinnt Selbstentzündlichkeit durch äußerst geringe Menge zugesetzter salpetriger Säure.

Das Phosphorwasserstoffgas ist ein neutraler Stoff, der wenige Verbindungen eingeht.

Phosphorwasserstoffgas könnte sich ebenso, wie Schwefelwasserstoffgas bilden, während der Verwesung von Pflanzen, die stets etwas Phosphor enthalten. Wahrscheinlich sind die *Irrlichter*, die sich an vielen sumpfigen Orten zeigen, nichts Anderes, als Blasen von selbstentzündlichem Phosphorwasserstoffgas.

Verbindungen des Phosphors mit anderen Elementen. Der §. 170.
Pposphor verbindet sich fast mit allen Elementen und zwar meistens direct bei höherer Temperatur. Die *Phosphormetalle* entstehen, wenn man Metall und Phosphor zusammenschmilzt, sie sind meist sehr spröde und haben Metallglanz. Durch verdünnte Säuren werden sie meistens in Oxydsalze und Phosphorwasserstoffgas zersetzt, auf ähnliche Weise, wie die Schwefelmetalle in Oxydsalz und Schwefelwasserstoffgas. (s. §. 155.)

---

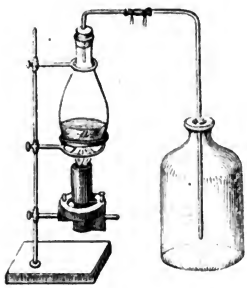
9. Chlor.

Darstellung des Chlorgases. Uebergießt man ein Gemisch von §. 171.
3 Theilen Kochsalz und 3 Theilen Braunstein in einem geräumigen Kolben mit 8 Theilen concentrirter englischer Schwefelsäure, welche vorher mit 4 Theilen Wasser verdünnt ist, und erwärmt es gelinde, so entwickelt

Digitized by Google

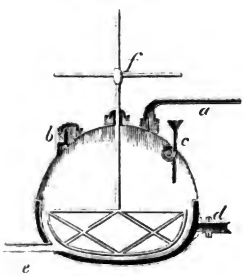
sich ein Gas von äußerst stechendem und erstickendem Geruche, das Chlorgas. Dasselbe kann über kaltem Wasser kaum aufgefangen werden, weil es davon zu reichlich absorbirt wird, auch nicht über Quecksilber, weil es sich mit demselben sogleich verbindet. Am bequemsten ist es, die Gasleitungsröhre bis auf den Boden eines enghalsigen Gefäßes hinabzuführen, wie in Fig. 208. Das Gas nimmt wegen seiner bedeutenden Dichte den untersten Raum ein und verdrängt bei rascher Entwickelung die atmosphärische Luft, ohne sich beträchtlich damit zu mischen. Zur Entfernung einiger gewöhnlichen Beimengungen, besonders chlorwasserstoffsaurer Dämpfe, muß eine mit Wasser gefüllte Waschflasche in die Gasleitung eingeschaltet werden, wenn man ganzes reines Gas haben will.

Fig. 208.



Das Chlorgas wird sehr häufig fabrikmäßig dargestellt. Man bedient sich dazu gewöhnlich bleierner Ballons mit doppeltem Boden, Fig. 209. Kochsalz und Braunstein werden durch die Oeffnung *b* eingetragen, die Schwefelsäure durch den Trichter *c* eingefüllt; die Materialien werden durch das hölzerne Röhrwerk *f* mit einander gemischt und dadurch erwärmt, daß von *d* aus Wasserdampf in den Zwischenraum zwischen den beiden Böden geleitet wird. Das entwickelte Gas entweicht durch das Bleirohr *a*. Nach vollendeter Zersetzung wird die Mischung durch das Rohr *e* ausgelassen. Alle Oeffnungen sind dadurch luftdicht gemacht, daß ihre Ränder ringförmige mit Schwefelsäure gefüllte Gefäße bilden, worin die Kappen bei *b* und *f* und das Ende des Rohres *a* eintauchen.

Fig. 209.



Eine Erklärung der eben beschriebenen Darstellungsmethode des Chlors kann erst später gegeben werden (s. §. 179).

§. 172. **Eigenschaften des Chlorgases.** Das Chlorgas ist grünlich gelb und hat die Dichte 2,44. Bei gewöhnlicher Temperatur wird es durch den vierfachen atmosphärischen Druck zu einer grünlich gelben Flüssigkeit condensirt.

Digitized by Google

Schon in geringer Menge eingeathmet, erregt es Schnupfen, Husten und Erstickungszufälle. Man muß sich deshalb bei Versuchen mit Chlorgas sehr in Acht nehmen.

Von Wasser wird Chlorgas rasch absorbirt, am reichlichsten, nämlich 2,75 Volumina, bei 8° R. oder 10° C. Das mit Chlorgas gesättigte Wasser, das sogenannte Chlorwasser, hat eine gelbliche Farbe, riecht wie Chlor und schmeckt herbe. Es erstarrt bei 0° und giebt dabei ein Gemenge von Eis und von Chlorhydrat. Das letzte erhält man rein als eine blaßgelbe krystallinische Masse, wenn man wenig Wasser in mit Chlor gefüllte Flaschen gießt und anhaltend einer Temperatur von 0° aussetzt. Es besteht aus 28 Chlor und 72 Wasser und zerfällt beim Erwärmen in Chlor und Chlorwasser. Auch das Chlorwasser ist nicht sehr beständig; besonders wenn es dem Lichte ausgesetzt ist, entwickelt sich Sauerstoffgas unter Bildung von Chlorwasserstoffsäure (s. §. 179).

Nasse Pflanzentheile, besonders Blumenblätter, verlieren ihre Farben sehr schnell, wenn sie in Chlorgas oder auch nur in Chlorwasser getaucht werden; sie erhalten eine vollkommen weiße Farbe. Thierische Stoffe, wie Wolle, hingegen verfärben sich in Chlorgas zwar auch, werden aber nicht weiß, sondern gelb. Auf dieser Eigenschaft beruht die vielfache Anwendung von Chlor in den Gewerben als Bleichmittel. Es muß aber immer mit großer Vorsicht angewandt und nachher sorgfältig ausgewaschen werden, da eine zu lange Einwirkung oder eine Einwirkung in zu concentrirtem Zustande die Faser pflanzlicher Theile, z. B. die Baumwolle, mürbe macht und zuletzt völlig zerstört.

Die bleichende Kraft hat das Chlor mit anderen Stoffen, namentlich mit dem Sauerstoffe der atmosphärischen Luft und mit dem lufthaltigen Wasser, gemeinschaftlich, welche beide bei der Rasenbleiche wirken. Das Chlor bringt aber dieselbe Wirkung in wenigen Stunden, wozu eine mehrwöchentliche Rasenbleiche führt. Zum Bleichen baumwollener Gewebe und zum Bleichen der Lumpen, aus denen Papierbrei gemacht werden soll, ist das Chlor allgemein in Gebrauch und schadet der Festigkeit des gebleichten Gewebes und Papiers nur bei einer unvorsichtigen Ueberwachung des Bleichprocesses und bei nachlässigem Auswaschen nach der Bleiche.

Auch organische Riech- und Ansteckungsstoffe, welche in der Luft verbreitet sind, werden durch Chlor zerstört. Daher nimmt man Chlorräucherungen in den Hospitälern vor, um sie von den Ausdünstungen der mit ansteckenden Krankheiten behafteten Kranken oder von moderigem und fauligem Geruche zu reinigen. Aber auch dabei ist die größte Vorsicht nothwendig, damit der Aufenthalt in den gereinigten Räumen durch das eingeführte Chlor nicht ebenso gefährlich wird, als er es durch die entfernten Contagien war.

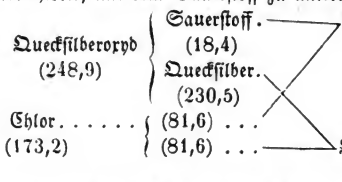
Digitized by Google

§. 173. **Oxydationsstufen des Chlors.** Mit dem Sauerstoffe geht das Chlor fünf verschiedene Verbindungen ein.

100	Chlor	verbinden	sich	mit	22,6	Sauerstoff zu unterchloriger Säure,
100	»	»	»	»	76,8	» » chloriger Säure,
100	»	»	»	»	90,4	» » Unterchlorsäure,
100	»	»	»	»	113,0	» » Chlorsäure,
100	»	»	»	»	158,0	» » Ueberchlorsäure.

Diese Oxyde sind sämmtlich Säuren. Sie können nicht direct durch Zusammenbringen der Elemente erzeugt werden und binden den Sauerstoff nur schwach, so daß sie leicht zerfallen. Die beständigsten unter ihnen sind die chlorige Säure, die Chlorsäure und die Ueberchlorsäure; technische Bedeutung hat aber vorzüglich die unterchlorige Säure.

§. 174. **Unterchlorige Säure.** Die unterchlorige Säure wird isolirt als ein Gas von dunkler Chlorfarbe und starkem Chlorgeruche gewonnen, wenn man eine Flasche mit trockenem Chlorgas füllt, Queckſilberoxyd hineinbringt und gut verschließt. Das Chlor bemächtigt sich beider Bestandtheile des Queckſilberoxyds, verbindet sich mit dem Queckſilber zu Queckſilberchlorid, mit dem Sauerstoff zu unterchlorigsaurem Gas.



Das unterchlorigsaure Gas condensirt sich, unter — 16° R. oder 20° C. erkaltet, zu einer blutrothen Flüssigkeit. Es zerfällt bei wenig erhöhter Temperatur unter Verpuffung, im Sonnenlichte langsam in seine Elemente. Schwefel und Phosphor, so wie fein vertheilte Metalle zersetzen es meist unter Verpuffung und verbinden sich mit seinen Bestandtheilen, so daß zugleich Oxyde und Chloride entstehen.

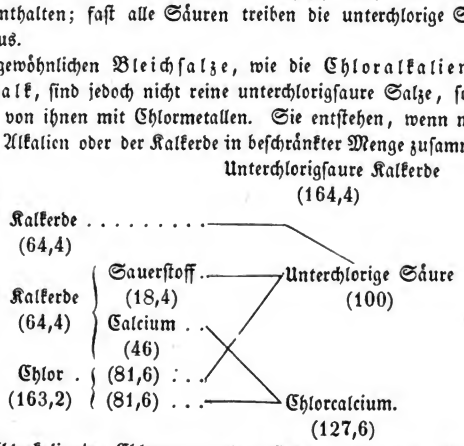
Vom Wasser wird das Gas sehr reichlich absorbirt, dunstet aber schnell daraus ab. Die wässerige Säure zersetzt sich langsam im Dunkeln, sehr rasch im Sonnenlichte; sie zerfällt dabei in Chlorgas und in eine höhere Oxydationsstufe des Chlors. Ueberhaupt ist die wässerige Säure fast ebenso leicht zersetzbar, wie das Gas. Auf organische Stoffe, besonders auf Farbestoffe, wirkt sie zersetzend; sie ist das ausgezeichnetste Bleichmittel, indem ihre entfärbende Wirkung doppelt so groß ist, als diejenige ihres Chlorgehaltes, also nur zur einen Hälfte auf Rechnung des Chlors, zur anderen auf Rechnung des Sauerstoffs kömmt. Sie entfärbt so stark,

Digitized by Google

wie Chlor, ohne in gleicher Weise zerstörend auf die Haltbarkeit der gebleichten Faser einzuwirken.

Die Salze der unterchlorigen Säure sind leicht zersetzbar und wirken ebenfalls bleichend, wie die Säure, vorausgesetzt, daß sie nicht überschüssige Basis enthalten; fast alle Säuren treiben die unterchlorige Säure aus ihnen aus.

Die gewöhnlichen Bleichsalze, wie die Chloralkalien und der Chlorkalk, sind jedoch nicht reine unterchlorigsaure Salze, sondern ein Gemisch von ihnen mit Chlormetallen. Sie entstehen, wenn man Chlor mit den Alkalien oder der Kalkerde in beschränkter Menge zusammenbringt.



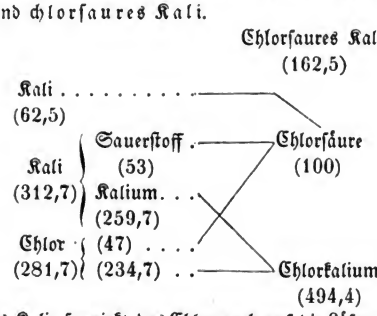
Um Chlorkali oder Chlornatron herzustellen, leitet man Chlorgas in Kali- oder Natronlösung. Der Chlorkalk wird gewöhnlich als trockene Substanz in den Handel gebracht. Man läßt Chlorgas von zerfallenem, aber nicht breiigem Kalkhydrate absorbiren. Das Chlor wird in dem früher S. 266 beschriebenen Apparate erzeugt und in eine Kammer geleitet, worin Kalkhydrat in zollhohen Lagen auf hölzernen Horden ausgebreitet ist. Die Kammer ist aus Backsteinen mit Harzkitt aufgemauert. Ihre Temperatur darf nicht über 22° R. oder 28° C. steigen. Das Chlor, welches 200 Pfunde Kochsalz entwickeln, reicht hin, um wenigstens 128 Pfunde Kalkhydrat in Chlorkalk zu verwandeln. Nachdem die nöthige Menge Chlor in die Kammer eingeleitet worden ist, und die Temperatur im Inneren auf 13°,5 R. oder 17° C. gesunken ist, öffnet man die Kammer, entleert die Horden, mischt den Chlorkalk, der immer eine etwas ungleiche Beschaffenheit hat, zusammen und verwahrt ihn in gut geschlossenen Fässern.

Um damit zu bleichen, werden die Bleichsalze in Wasser gelöst. Ihre Wirkung wird durch Zusatz einer Säure, welche die unterchlorige Säure frei macht, erhöht.

Chlorsäure. Läßt man durch eine Lösung von Kali oder auch von kohlensaurem Kali so lange Chlor streichen, als noch davon aufgenommen wird, so setzen sich die Bestandtheile des Kali mit Chlor nicht in Chlor- §. 175.

Digitized by Google

kalium und chlorigsaures Kali um, wie es der Fall ist, wenn man die Menge des Chlors in dem oben angegebenen Maße beschränkt, sondern in Chlorkalium und chlorsaures Kali.



Wie auf das Kali, so wirkt das Chlor auch auf die Lösungen der Barycerde und der alkalischen Erden überhaupt. Setzt man zu einer concentrirten Auflösung von chlorsaurer Barycerde Schwefelsäure in kleinen Portionen, so scheidet sich schwefelsaure Barycerde in Pulverform ab, und die Chlorsäure bleibt aufgelöst. Ihre Auflösung stellt eine farb- und geruchlose, scharfschmeckende Flüssigkeit vor, welche Lackmuspapier zuerst röthet, dann bleicht. Bis auf 32° R. oder 40° C. erwärmt, zersetzt sie sich.

Die chlorsauren Salze sind alle in Wasser löslich; ihre Lösungen bleichen nicht. In der Hitze zersetzen sie sich, entweder in Chlormetalle und Sauerstoff, wie das chlorsaure Kali (vergl. §. 100), oder in Sauerstoffgas, Chlorgas und Chlormetall, wie die chlorsaure Barycerde. Mit brennbaren Körpern, wie Kohle, Schwefel, Phosphor, gemengt, verpuffen sie sowohl bei Erhitzung, als auch bei Zusammendrückung, zum Theil auch bei Berührung mit Vitriolöl.

§. 176. **Ueberchlorsäure.** Erhitzt man eine wässerige Lösung von Chlorsäure über 32° R. oder 40° C., so zerfällt ein Theil der gelösten Säure in seine Bestandtheile Chlor und Sauerstoff, ein anderer verwandelt sich in Chlor und verdampfende Ueberchlorsäure. Schmilzt man chlorsaures Kali, so zersetzt sich die Chlorsäure ebenfalls nicht sogleich vollständig, sondern die geschmolzene teigige Masse enthält neben Chlorkalium überchlorsaures Kali. Die Ueberchlorsäure kann nur als Hydrat erhalten werden. Ihre Salze haben eine allgemeine Aehnlichkeit mit den chlorsauren, sind aber, wie die Säuren selbst, viel schwerer zersetzbar.

§. 177. **Chlorige Säure.** Läßt man auf chlorsaures Kali zugleich eine desoxydirende Substanz, wie arsenige Säure, und eine oxydirende, die Salpetersäure, bei mäßiger Wärme einwirken, so entwickelt sich chlorige Säure als tiefgrünes, stechend riechendes Gas, welches bei 45°,6 R. oder 57° C. explodi-

Digitized by Google

rend in seine Bestandtheile zerfällt und von Wasser mit grüner bis goldgelber Farbe absorbirt wird.

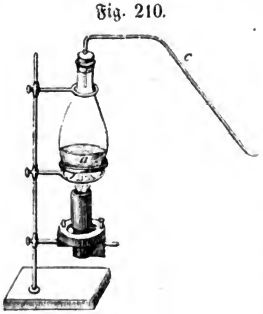
Unterchlorsäure. Die Unterchlorsäure oder das Chloroxyd wird als Gas von lebhafterer Farbe, als Chlor, und von erstickendem Geruche gewonnen, wenn man Schwefelsäure und gepulvertes chlorsaures Kali bei sehr niedriger Temperatur mengt und bis höchstens 38° R. oder 40° C. erwärmt. Dieses Gas ist leicht condensirbar; von Wasser wird es reichlich absorbirt. Schon bei 48° R. oder 60° C. wird es unter Verpuffung zersetzt, und zeichnet sich überhaupt durch seine außerordentlich leichte, mit den gefährlichsten Explosionen verbundene Zersetzbarkeit aus. §. 178.

Chlorwasserstoffsäure. Chlorgas und Wasserstoff haben zu einander eine so kräftige Verwandtschaft, daß ihre Verbindung stets eintritt, wenn Chlorgas mit Wasserstoffgas, und meistens, wenn Chlorgas mit einer wasserstoffhaltigen Substanz zusammenkommt. Auf diesem letzten Umstande beruht hauptsächlich die bleichende und zerstörende Einwirkung des Chlors auf organische Stoffe. §. 179.

Läßt man gleiche Volumina Chlorgas und Wasserstoffgas zusammentreten, also etwa 97 Gewichtstheile vom ersten und 3 Gewichtstheile vom zweiten, so bleiben sie in einander gelöst, so lange sie sich im Dunkeln befinden, sie verbinden sich aber mit einander, so wie sie dem Lichte ausgesetzt werden. Die Verbindung geht langsam vor sich im Tageslichte, rasch im Sonnenlichte. Im letzten Falle ist sie mit Explosion verbunden.

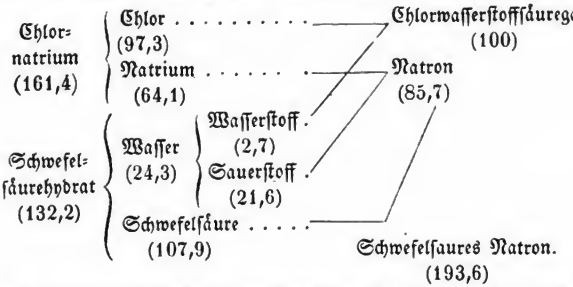
Das Product der Verbindung von Chlorgas und Wasserstoffgas, die Chlorwasserstoffsäure, ist ein Gas, welches vom Wasser sehr schnell und reichlich absorbirt wird und deshalb nicht über Wasser, wohl aber über Quecksilber aufgefangen werden kann.

Fig. 210.



Man erhält das Chlorwasserstoffsäuregas sehr reichlich, wenn man Kochsalz mit englischer Schwefelsäure in einem geräumigen Kolben, Fig. 210, übergießt und gelinde erwärmt. Das Kochsalz besteht aus Chlor und Natrium; durch die Schwefelsäure wird es veranlaßt, seine Bestandtheile mit denen des Hydratwassers der Säure umzutauschen unter Bildung von Natriumoxyd (Natron) einerseits und Chlorwasserstoffsäure andererseits.

Digitized by Google



Das Chlorwasserstoffsäuregas ist farblos, riecht sauer und zugleich erstickend, und hat die Dichte 1,256. Es kann weder eingeathmet werden, noch den Verbrennungsproceß unterhalten; nasses Lackmuspapier wird dadurch stark geröthet. Es gehört zu den leicht condensirbaren Gasarten. Bei 0^0 wird es condensirt unter dem Drucke von 26 Atmosphären
» -40^0 C. » » » » » » » 7,7 »
» -73^0 C. » » » » » » » 1,8 »

Im tropfbar-flüssigen Zustande stellt es eine wasserhelle Flüssigkeit dar.

Zum Wasser hat das Chlorwasserstoffsäuregas eine außerordentlich starke Verwandtschaft. Läßt man es in feuchte Luft ausstreichen, so raucht es stark, indem es Wasser anzieht und sich als wässerige Chlorwasserstoffsäure verdichtet. Wasser von 0^0 nimmt davon sein 480faches Volumen auf und enthält dann nahe sein gleiches Gewicht Chlorwasserstoffsäure. Diese concentrirteste wässerige Chlorwasserstoffsäure oder Salzsäure hat die Dichte 1,21 und raucht stark an der Luft, indem sie Chlorwasserstoffsäuregas aushaucht. Die gewöhnliche concentrirte Salzsäure enthält nur 38 % chlorwasserstoffsaures Gas und siedet etwas unter 48^0 R. oder 60^0 C. Sie entläßt zuerst chlorwasserstoffsaures Gas, allmälig verdampft aber auch Wasser und dabei steigt der Siedepunkt bis 110^0 C.; er wird hier constant, indem die siedende Flüssigkeit und die entwickelten Dämpfe eine gleiche Zusammensetzung erhalten, bei einem Chlorwasserstoffsäuregasgehalte von 20 %. Schwächere Säure siedet bei einer niedrigeren Temperatur; ihr Siedepunkt steigt jedoch, weil die Dämpfe wasserhaltiger sind, als der flüssige Rückstand, bis 110^0 C., wobei er constant wird.

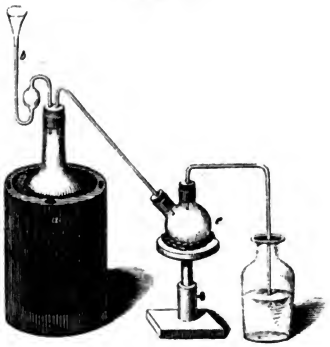
Die Salzsäure wird fabrikmäßig dargestellt, kann aber auch im Kleinen vortheilhaft und zugleich rein gewonnen werden.

Das Kochsalz wird in einen Kolben, Fig. 211 (a. f. S.), geschüttet, dann der Stöpsel aufgesetzt und mit einem Kitt aus Ziegelmehl und Leinölfirniß verstrichen. Der Kolben befindet sich von Sand umgeben in der Kapelle eines kleinen Kohlenofens. Die Gasleitungsröhre geht zunächst

Digitized by Google

in eine Kugelvorlage, in der sich die etwa übergerissenen Substanzen absetzen, und von da aus in das Absorptionsgefäß, welches nur zu $^2/_3$ mit Wasser gefüllt sein darf, da sich das Volumen desselben während der Absorption sehr ausdehnt, und welches zur Abkühlung in eine mit kaltem Wasser oder mit Eis gefüllte Schale gestellt ist. Die Gasleitungsröhre braucht eben nur unter den Spiegel des Absorptionswassers zu reichen. Die nöthige Schwefelsäure wird durch den zugleich als Sicherheitsrohr dienenden Trichter eingefüllt, jedoch in kleinen Partien, damit die Gasentwickelung nicht zu stürmisch wird. Die Operation wird abgebrochen, wenn das Gasleitungsrohr und das Zwischengefäß durch übergehende Wasserdämpfe sehr erhitzt wird. Ein bewährtes Verhältniß der Materialien ist folgendes: 2 Theile Kochsalz, $3^1/_2$ Theile gewöhnliche englische Schwefelsäure, welche vorher mit $^3/_4$ bis 1 Theil Wasser vermischt ist.

Fig. 211.

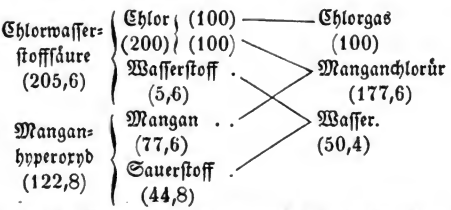


Die Chlorwasserstoffsäure oder Salzsäure ist eine sehr starke Säure, welche sich leicht mit allen basischen Oxyden verbindet. Diese Verbindungen lösen sich mit sehr wenigen Ausnahmen in Wasser auf. Sie entstehen meistens auch dann, wenn man Metalle in Salzsäure bringt, und zwar unter Wasserzersetzung und Wasserstoffgasentwickelung. Von chlorwasserstofffauren Salzen kann jedoch ebenso wenig die Rede sein, als von schwefelwasserstofffauren (vergl. §. 155); sie sind vielmehr als in Wasser gelöste Chlormetalle anzusehen (s. §. 181).

Wird Chlorwasserstoffsäure mit Hyperoxyden oder überhaupt mit höheren Oxydationsstufen, die ihren Sauerstoff minder fest binden, zusammengebracht, so wird sie zersetzt und wirkt dadurch desoxydirend, daß ihr frei werdender Wasserstoff sich des Sauerstoffs des Oxyds ganz oder theilweise bemächtigt.

Erhitzt man Manganhyperoxyd (Braunstein) mit concentrirter Salzsäure, so entweicht Chlorgas, Manganchlorür und Wasser bleiben im Rückstande.

Digitized by Google



Auf dieser Zersetzung der Chlorwasserstoffsäure beruht die gewöhnliche Darstellungsweise des Chlors (vergl. §. 171); nur läßt man gewöhnlich nicht unmittelbar Chlorwasserstoffsäure auf Manganhyperoxyd wirken, sondern entbindet die Chlorwasserstoffsäure erst aus dem Kochsalze durch Schwefelsäure, zersetzt auch durch diese letzte Säure das zunächst gebildete Manganchlorür unter Chlorentwickelung in schwefelsaures Manganoxydul.

§. 180. **Königswasser.** Mischt man Salpetersäure mit Chlorwasserstoffsäure, so entwickeln sich sogleich salpetrige Dämpfe mit Chlor gemengt. Die Salpetersäure wird größtentheils zu Untersalpetersäure desoxydirt; der Sauerstoff, welcher der Salpetersäure entzogen wird, bildet mit dem Wasserstoffe der Chlorwasserstoffsäure Wasser und setzt das Chlor derselben in Freiheit. Eine Mischung von 1 Theile Salpetersäure mit 2 bis 4 Theilen Chlorwasserstoffsäure wirkt sowohl durch die Untersalpetersäure als ein ausgezeichnetes Oxydationsmittel, als auch durch das Chlor als ein ausgezeichnetes Auflösungsmittel, namentlich für Gold, Platin u. s. w. Sie ist bekannt unter dem Namen Salpetersalzsäure oder Königswasser.

§. 181. **Verbindungen des Chlors mit den Metallen.** Dampft man die Lösung eines Metalloxyds oder eines Metalls in wässeriger Chlorwasserstoffsäure so weit ein, bis sich krystallinische Ausscheidungen bilden, so enthalten diese letzten häufig weder Wasserstoff, noch Sauerstoff, können also nicht als chlorwasserstoffsaure Oxyde betrachtet werden; sie sind vielmehr Chlormetalle, bei deren Bildung der Sauerstoff des Oxyds mit dem Wasserstoffe der Chlorwasserstoffsäure zu Wasser verbunden und ausgeschieden sind. In anderen Fällen erhält man zwar sauerstoff- und wasserstoffhaltige Krystalle, aber mit wenigen Ausnahmen geben diese allen Sauerstoff und Wasserstoff als Wasser dampfförmig ab, wenn sie stark erhitzt werden.

Das Chlor bildet mit den Metallen eine ähnliche Reihe von Verbindungen, wie der Sauerstoff. Bei der Auflösung von Oxyden in Chlorwasserstoffsäure und Abdampfen der Auflösungen nimmt das Chlor die Stelle des Sauerstoffs ein. Höhere Oxyde geben daher auch höhere Chlor-

Digitized by Google

verbindungsstufen, man nennt die den Oxydulen entsprechenden Chlorüre, die den Oxyden entsprechenden Chloride.

Viele Verbindungen des Chlors mit den Metallen bilden sich, wenn man die letzten fein vertheilt mit trockenem Chlorgas in Berührung bringt, und zwar gehen diese Verbindungen unter ähnlichen Erscheinungen vor sich, wie die Oxydationen. Kalium und viele Metalle verbrennen in Chlorgas mit glänzendem Lichte.

Viele Chlormetalle verbinden sich unter einander, wie die Oxyde, so das Kaliumchlorid mit dem Platinchlorid. Einige Chlormetalle sind mit den Oxyden derselben Metalle, z. B. Bleichlorid mit Bleioxyd, zu sogenannten Oxychloreten verbindbar.

Weitere Verbindungen des Chlors. Das Chlor giebt eine ebenso ausgedehnte Reihe von Verbindungen, wie der Sauerstoff. Die meisten Verbindungen entstehen direct durch Einwirkung des Chlors. §. 182.

Phosphor verbrennt in Chlorgas, auch Schwefel verbindet sich damit bei gewöhnlicher Temperatur.

Eine Verbindung von Chlor und Stickstoff entsteht als ölige Flüssigkeit, wenn eine Lösung von Chlorammonium längere Zeit bei 25°,6 R. oder 32° C. mit Chlorgas in Berührung gebracht wird. Dieser Chlorstickstoff ist wegen der Leichtigkeit merkwürdig, womit sich seine Bestandtheile von einander trennen, und wegen der Heftigkeit und Gefährlichkeit der Explosion, womit diese Trennung verbunden ist. Seine Explosion wird schon durch Erwärmung und Erschütterung, sowie durch Berührung mit Phosphor, concentrirten Alkalilösungen, Baumöl, Terpentinöl u. s. w. veranlaßt.

Verbreitung des Chlors. Das Chlor ist ein in der Natur ziemlich §. 183.
verbreitetes Element, obgleich seine natürlich vorkommenden Verbindungen nicht sehr mannichfaltig sind. Hauptsächlich als Chlornatrium (Kochsalz) findet es sich theils als selbstständige Gebirgsmasse in den Steinsalzlagern, theils als Beimengungen zu anderen Gebirgen, z. B. im Salzthone, theils aufgelöst in den Salzsoolen und in dem Meerwasser, in dessen Salzrückstande es wenigstens vorherrscht.

---

10. Brom.

Vorkommen des Broms. Das Brom ist ein wenig verbreitetes §. 184.
Element, dessen Verbindungen denen des Chlors fast völlig analog gebildet sind. Alle bekannten natürlich vorkommenden Bromverbindungen sind Brommetalle, namentlich Bromnatrium und Brommagnesium. Diese finden sich, aber stets in sehr geringer Menge, aufgelöst im Seewasser,

Digitized by Google

reichlicher in mehreren Seepflanzen und Seethieren, in den meisten Salzsoolen und in einigen Mineralwässern, wie dem von Kissingen, Wiesbaden und im Püllnaer Bitterwasser. Im Mineralreiche ist das Brom sehr sparsam vorhanden, so in den schlesischen Zinkerzen und im englischen Steinsalze.

§. 185. **Darstellung des Broms.** Um das Brom aus seinen natürlichen Auflösungen auszuscheiden, dampft man dieselben so weit ab, bis der größte Theil der in ihnen enthaltenen Salze auskrystallisirt ist, behandelt die rückständige Flüssigkeit so lange mit Chlor, bis sie sich von frei gewordenem Brom gelb färbt und schüttelt sie dann mit Aether, der das freie Brom mit einer bräunlichen Purpurfarbe aufnimmt. Die ätherische Lösung wird mit Kali versetzt, eingedampft und geglüht, die geglühte Masse in einer Retorte mit Braunstein und Schwefelsäure gemengt und in eine Vorlage überdestillirt, in deren Wasser der Retortenhals eintaucht. Unter dem Wasser sammelt sich wässeriges Brom in einer braunen Schicht.

§. 186. **Eigenschaften des Broms.** Das Brom ist bei gewöhnlicher Temperatur tropfbar flüssig und hat die Dichte 2,96. Im auffallenden Lichte erscheint es dunkelbraunroth, im durchfallenden bräunlich purpurroth. Es erstarrt bei etwa — 16° R. oder — 20° C. zu einer gelbbraunen krystallinisch blätterigen Masse und siedet bei 36° R. oder 45° C. Der Brombampf ist braun und riecht widerlich, er wirkt beim Einathmen weniger heftig, als Chlor. Tropfbarflüssiges Brom zerfrißt, in größerer Menge angewandt, Holz, Kork und die Haut, in kleinerer Menge erzeugt es blos eine gelbe Färbung. Brombampf zerstört gleich dem Chlor organische Gerüche.

Das Brom löst sich in Wasser, leichter in Alkohol, noch leichter in Aether.

---

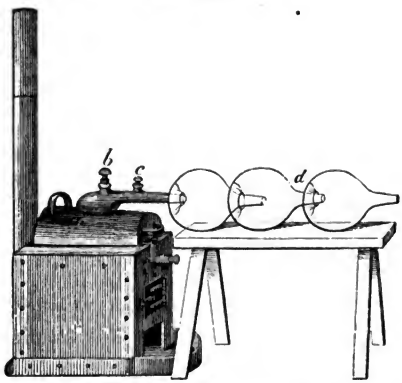
11. Jod.

§. 187. **Vorkommen von Jod.** Das Jod ist, wie das Brom, eines der wenig verbreiteten Elemente, dessen Verbindungen ebenfalls denen des Chlors völlig analog gebildet sind. Man fand es zuerst in der Asche von See- und Strandpflanzen, dann in einigen Seethieren, z. B. im Badeschwamm und Pferdeschwamm, in den Austern u. a.; das Seewasser selbst enthält Jod, aber so wenig, daß man es eben nur darin nachweisen kann. Ferner findet sich Jod in vielen Salzsoolen, in einigen Mineralwässern, z. B. dem Heilbronner, und in einer sehr geringen, kleinen Zahl noch dazu seltener Mineralien.

Digitized by Google

Darstellung des Jods. In größerer Menge und für den Handel §. 188.
wird das Jod nur aus der Asche von See- und Strandpflanzen, aus den sogenannten Varec oder Kelp, genommen. Die Asche wird mit Wasser ausgelaugt, und die Lauge durch Eindampfen nnd Abkühlen möglichst von krystallisirbaren Salzen befreit. Der Rest der Lösung, die Jodlauge, ist stark gefärbt und enthält etwas Jodnatrium, welches durch Schwefelsäure und Braunstein in gleicher Weise zersetzt wird, wie das Chlornatrium, indem es damit in schwefelsaures Natron, schwefelsaures Manganoxydul und Jod zerfällt. Das Jod entweicht schon bei mäßiger Erwärmung. Diese Operation wird in folgender Weise vorgenommen: Die Jodlauge wird zuerst mit Schwefelsäure versetzt, wobei eine Entwickelung von Kohlensäure und Schwefelwasserstoffgas stattfindet, dann in eine kleine Retorte *a*, Fig. 212, gebracht, mit Braunstein gemengt und

Fig. 212.



durch ein Sandbad mäßig erhitzt. Die Joddämpfe entweichen durch den Helm *b c* und werden in den Glasballons *d* condensirt. Die Oeffnungen *b* und *c* sind durch kleine Stöpsel geschlossen; der Stöpsel *b* dient zum Nachfüllen von Braunstein oder Schwefelsäure, *c* zum Probiren.

Eigenschaften des Jods. Das Jod ist krystallinisch und leicht zer- §. 189.
reiblich. Seine Dichte ist 4,95. Es erscheint gewöhnlich in schwarzgrauen metallglänzenden Schuppen. Es schmilzt bei 107° C. und siedet bis 180° C., seine Dämpfe sind veilchenblau, sie haben die sehr beträchtliche Dichte von 8,7 und einen eigenthümlichen, dem des Chlors ähnlichen Geruch. Die Haut wird dadurch vorübergehend braungelb gefärbt. Die Verdampfung des Jods findet übrigens auch bei gewöhnlicher Temperatur Statt.

Digitized by Google

Das Jod löſt ſich nur ſehr wenig in Waſſer, in Alkohol und Aether reichlich und mit dunkelbrauner Farbe. Dieſe Löſungen färben Stärkemehl und Stärkekleiſter in der Kälte blau.

In der Heilkunde wird das Jod jetzt häufig angewendet.

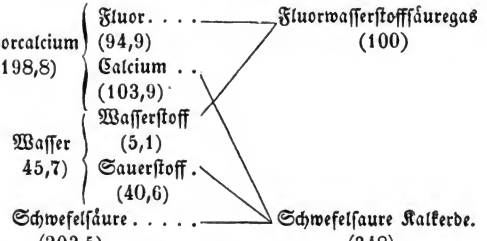
---

12. Fluor.

§. 190. **Vorkommen des Fluors.** Das Fluor findet ſich, mit Calcium verbunden, als ein ſehr verbreitetes Mineral, als Flußſpath, auch iſt es in dieſer Verbindung den Knochen, beſonders dem Schmelz der Zähne beigemengt. Andere Vorkommniſſe des Fluors im Mineralreiche ſind ſeltener.

Das Fluor iſt im iſolirten Zuſtande noch nicht bekannt; ſeine Abſcheidung wird dadurch ſehr erſchwert, daß es ſich mit den Beſtandtheilen faſt aller Arten von Gefäßen verbindet, die man bei chemiſchen Verſuchen anwenden kann. Die Verbindungen des Fluors haben viel Aehnlichkeit mit denen des Chlors, Jods und Broms; mit dem Sauerſtoffe hat es ſich jedoch noch nicht vereinigen laſſen.

§ 191. **Fluorwaſſerſtofffäure.** Uebergießt man Flußſpathpulver mit etwa dem doppelten Gewichte concentrirter Schwefelſäure und erwärmt das Gemenge mäßig, ſo wird es zuerſt zäh und halbdurchſcheinend und entwickelt dann eine Gasart, welche Glas ſtark angreift. Dieſe Gasart iſt Fluorwaſſerſtofffäure oder Flußſäure; ſie entſteht auf folgende Weiſe:



Nimmt man die Operation in einer kleinen Blaſe von Blei, *a*, Fig. 213, an welcher jede Zinnlöthung vermieden iſt, vor und leitet das Gas durch ein feſt aufſitzendes Bleirohr *b* in eine mit Schnee oder Eis umgebene Bleiflaſche *c*, ſo erhält man die waſſerfreie Fluorwaſſerſtofffäure als waſſerhelle, ſtechend riechende Flüſſigkeit. Dieſelbe wird bei — 16° R. od. — 20° C.

Digitized by Google

noch nicht fest und siedet bei 12° R. oder 15° C. Ein Tropfen davon auf die Haut gebracht verursacht sehr bösartige Geschwüre; die Dämpfe sind schädlicher sogar als Chlorgas und erzeugen schon auf der Haut schmerzhafte Empfindungen.

Fig. 213.

Das Fluorwasserstoffgas wird vom Wasser reichlich absorbirt. Die wässerige Fluorwasserstoffsäure wird erhalten, wenn man die Flasche *c* mit kaltem Wasser füllt und während der Gasentwickelung das Ende des Rohres *b* darin eintauchen läßt, jedoch um das Zurücksteigen der Flüssigkeit zu verhüten, eben nur unter seine Oberfläche. Die so gewonnene Säure bewahrt man in Bleiflaschen mit aufgeschraubten Hütchen und legt, um einen luftdichten Verschluß zu erhalten, eine Caoutchoucplatte zwischen den Rand des Halses und des Hütchens.

Gegen Metalle und Metalloxyde verhält sich die Fluorwasserstoffsäure wie die Chlorwasserstoffsäure; die leicht oxydirbaren Metalle löst sie unter Wasserstoffentwickelung auf; mit den Oxyden bildet sie Wasser und Fluormetall oder wässerige Fluormetalle.

---

13. Cyan.

Schon in §. 148 ist es angedeutet worden, daß sich das aus Kohlen- §. 192.
stoff und Stickstoff zusammengesetzte Cyan in seinen Verbindungen wie ein Element verhält, indem es mit anderen Elementen Verbindungen eingeht, in ähnlicher Weise, wie das Chlor, Brom, Jod und Fluor. Es verbindet sich mit dem Wasserstoffe zu Cyanwasserstoffsäure und mit den Metallen zu Cyanmetallen. Auch mit dem Sauerstoffe geht es eine Verbindung ein, die den Charakter einer Säure an sich trägt, die Cyansäure.

Cyanwasserstoffsäure. Die reine Cyanwasserstoffsäure oder §. 193.
Blausäure besteht aus:

Cyan . . .	96
Wasserstoff .	4.

Sie stellt isolirt eine farblose Flüssigkeit dar, welche schon bei 21° R. oder 26°,5 C. siedet und bei gewöhnlicher Temperatur reichlich Dämpfe ausstößt, die stark und betäubend riechen. Sie ist eines der tödtlichsten und am raschesten wirkenden Gifte; Versuche mit ihr erfordern deshalb große Vorsicht. Sie

Digitized by Google

ist aber von sehr geringer Beständigkeit und zersetzt sich in kurzer Zeit, besonders, wenn sie dem Lichte ausgesetzt wird. Mit Wasser, Alkohol und Aether mischt sie sich in allen Verhältnissen.

Eine wässerige Blausäure erhält man, wenn man Blutlaugensalz (s. §. 148) mit englischer Schwefelsäure der Destillation unterwirft und die Dämpfe von Wasser auffangen läßt. Diese Flüssigkeit ist farblos, von starkem Blausäuregeruch und Geschmack, und selbst bei starker Verdünnung noch sehr giftig, so daß auch für medicinischen Gebrauch nur eine 2 % reine Blausäure haltende wässerige Lösung angewendet wird. Auch die wässerige Lösung ist sehr wenig beständig.

§. 194. **Cyanmetalle.** Nur zwei Metalle, nämlich Kalium und Natrium, verbinden sich direct mit dem Cyan, indem sie, in Cyangas erhitzt, erglühen.

Die in Wasser löslichen Cyanmetalle entstehen, wenn man die entsprechenden Oxyde in Cyanwasserstoffsäure löst, wie die Chlormetalle aus den Lösungen der Oxyde in Chlorwasserstoffsäure (vergl. §. 181).

Die unlöslichen Cyanmetalle entstehen durch doppelte Wahlverwandtschaft, wenn man ein lösliches Cyanmetall und ein lösliches Metalloxydsalz zusammenbringt.

Das Cyan tritt in ähnlicher Weise, wie das Chlor, an die Stelle des Sauerstoffs und bildet in der Regel ebenso viel Cyanverbindungen mit einem Metalle, als dieses basische Oxyde liefert. Die den Oxydulen entsprechenden Cyanverbindungen heißen Cyanüre, die den Oxyden entsprechenden Cyanide.

Die Cyanmetalle zeichnen sich durch die große Leichtigkeit aus, womit sie sich unter einander verbinden zu sehr beständigen Doppelcyanmetallen, wie das Cyankalium und Eisencyanür zu Blutlaugensalz.

Durch erhöhte Temperatur werden mit Ausnahme von Cyankalium und Cyannatrium alle Cyanmetalle zersetzt. Die Cyanüre der edlen Metalle, wie das Quecksilbercyanid, zerfallen dabei in Metall und Cyangas; und können deshalb zur Darstellung von Cyangas benutzt werden (vergl. §. 148.).

§. 195. **Cyansäure.** Die Oxydation des Cyans zu Cyansäure findet unter ähnlichen Verhältnissen Statt wie die des Chlors, nämlich wenn Cyangas anhaltend in die Lösung eines starken basischen Oxyds, wie des Kali's, eingeleitet wird. Dabei bildet die Hälfte des Kali's mit der Hälfte des Cyans ein Cyanür und tritt seinen Sauerstoff an die andere Hälfte des Cyans ab, unter Bildung von Cyansäure, die sich mit der anderen Hälfte des Kali's verbindet.

Dieses Oxyd entsteht auch, wenn man Cyankalium oder Natrium bei Luftzutritt oder gemengt mit einer loseren Sauerstoffverbindung, wie mit einem Hyperoxyde, zusammenglüht.

Digitized by Google

Es beſteht aus:

Cyan . . . 77
Sauerſtoff . . 23;

kann aber aus ſeinen Salzen nicht ausgeſchieden werden.

---

14. Bor.

§. 196. Das Bor gehört, wie das Selen, Jod und Brom, zu den ſelteneren der nicht metalliſchen Elemente. Aus ſeiner natürlich vorkommenden Verbindung mit Sauerſtoff, aus der Borſäure, wird es durch Glühen mit Kalium unter Bildung von Kali als zerreibliche, dunkelgrünlich-graue, nicht metallglänzende Maſſe ausgeſchieden, welche, bis zum Weißglühen erhitzt, weder ſchmilzt, noch verdampft und ſich beim Erhitzen in der atmoſphäriſchen Luft und in Sauerſtoffgas, ſo wie bei Behandlung mit Salpeterſäure leicht wieder mit Sauerſtoff zu Borſäure oxydirt.

Die Borſäure beſteht aus:

Bor . . . 31
Sauerſtoff . 69.

Sie iſt in Waſſer, in mehreren Säuren, beſonders der Schwefelſäure, in Alkohol und Oelen löslich. Die wäſſerige Löſung ſchmeckt ſchwach bitter und röthet ſchwach Lackmuspapier; die alkoholiſche Löſung brennt mit grüner Farbe. Aus der heiß geſättigten wäſſerigen Löſung kryſtalliſirt ſie beim Erkalten in weißen biegſamen, ſchwach perlmutterglänzenden, fettig anzufühlenden Schuppen. Die Kryſtalle enthalten 44 % Waſſer, welches beim Erhitzen bis über 100° C. zur Hälfte, beim Glühen ganz entweicht. Die geglühte Säure ſtellt ein durchſichtiges ſehr hartes und ſprödes Glas vor. Die Borſäure iſt ſchmelzbar und für ſich vollkommen feuerbeſtändig; dagegen mit Waſſer und Alkoholdämpfen zuſammen iſt ſie flüchtig, und findet ſich auf dieſe Weiſe in heißen Gasquellen, z. B. der Lagunen von Saſſo im Toscaniſchen.

Mit den baſiſchen Oxyden bildet die Borſäure Salze, welche mit wenigen Ausnahmen in Waſſer unlöslich ſind, und meiſtens wie die Säuren für ſich zu durchſichtigen Gläſern ſchmelzen.

Digitized by Google

15. Silicium.

§. 197. **Kieſelſäure.** Die Kieſelerde oder Kieſelſäure iſt ein an der Erde ſehr häufig und in großer Menge vorkommender Stoff; ſie kommt vor theils für ſich, theils auf mannichfaltige Weiſe verbunden mit baſiſchen Oxyden zu kieſelſauren Salzen, den ſogenannten Silicaten.

Der farbloſe waſſerklare Bergkryſtall iſt faſt ganz reine Kieſelſäure; im gemeinen Quarz, Feuerſtein, Jaspis und Hornſtein nehmen die Beimengungen gradweiſe zu.

Die reine Kieſelerde erſcheint als Bergkryſtall in ſechsſeitigen Säulen mit ſechsflächiger Endzuſpitzung, iſt ſehr hart und ſpröde und hat die Dichte 2,65; in Waſſer und Säuren, mit Ausnahme der Fluorwaſſerſtoffſäure, iſt ſie völlig unlöslich.

Die Silicate zeichnen ſich durch ihre Härte aus und ſind meiſtens ebenſo unlöslich, als die Kieſelerde ſelbſt. Nur eine kleine Zahl derſelben wird von den Säuren, namentlich von der Chlorwaſſerſtoffſäure, zerſetzt; ſind die Säuren concentrirt, ſo bleibt waſſerhaltige Kieſelſäure, Kieſelſäurehydrat, in gallertigem Zuſtande ungelöſt, ſind die Säuren ſehr verdünnt, ſo löſt ſich auch dieſe Gallerte mit auf.

Dieſes verſchiedenartige Verhalten der Silicate hängt damit zuſammen, daß auch die Kieſelſäure in zwei verſchiedenen Zuſtänden mit verſchiedenen Eigenſchaften erhalten werden kann. In dem einen Zuſtande als *a* Kieſelſäure iſt ſie in Waſſer und Säuren, mit Ausnahme der Fluorwaſſerſtoffſäure, unlöslich. In dem anderen Zuſtande als *b* Kieſelſäure löſt ſie ſich nicht allein in verdünnten Säuren, ſondern auch in ſehr vielem Waſſer auf. Die wäſſerige Auflöſung hat keinen Geſchmack und röthet Lackmus nicht; beim Verdampfen ſetzt ſich *b* Kieſelerde als feines, weißes, in Waſſer wieder lösliches Pulver ab. Dampft man eine Löſung dieſer *b* Kieſelſäure mit Zuſatz einer ſtarken anderen Säure, wie der Chlorwaſſerſtoffſäure, bis zur Trockne ein, ſo bleibt im Rückſtand *a* Kieſelſäure. Auch durch Glühhitze wird die *b* Kieſelſäure in *a* Kieſelſäure verwandelt.

Durch Kochen oder Schmelzen der *a* Kieſelſäure oder ihrer Verbindungen mit Kali- aber Natronhydrat oder mit den kohlenſauren Salzen des Kali's oder Natrons werden Verbindungen des Kali's oder Natrons mit *b* Kieſelſäure gewonnen, welche ſich in Waſſer löſen. Ihre heiß geſättigten Löſungen geſtehen beim Erkalten zu einer Gallerte. Setzt man zu dieſen Löſungen Chlorwaſſerſtoffſäure, ſo wird wieder gallertartiges Kieſelſäurehydrat abgeſchieden.

Digitized by Google

Das Kieselsäurehydrat verliert während des Trocknens schon bei gewöhnlicher Temperatur nicht nur das aufgesaugte Wasser, sondern auch das chemisch gebundene Hydratwasser, indem es zu einem weißen Pulver zerfällt. Es enthält die Kieselsäure immer als *b* Kieselsäure.

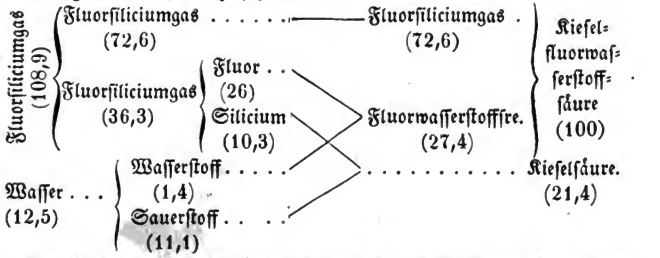
Silicium. Die Kieselsäure ist, wie sich schon nach ihrer Verbindbarkeit mit Oxyden erwarten läßt (vergl. §. 98), kein Element, sondern das Oxyd eines bis jetzt nur in Form eines dunkelbraunen Pulvers dargestellten Stoffes, des Siliciums. Die Kieselsäure besteht aus §. 198.

Silicium . .	48
Sauerstoff . .	52;

sie gehört aber zu den festesten Verbindungen des Sauerstoffs, aus welcher das Silicium nur sehr schwierig isolirt werden kann.

Das ungeglühte Siliciumpulver färbt stark ab, entzündet sich an der Luft sehr leicht und verbrennt zum Theil zu Kieselsäure, welche den unverbrannten Theil des Siliciums überzieht. Nimmt man diesen Ueberzug durch Fluorwasserstoffsäure weg, so bleibt Silicium in zusammengeschrumpftem Zustande zurück, welches beim Glühen selbst in Sauerstoffgas nicht entzündlich ist. Das Silicium selbst ist also eines Bestehens in zwei verschiedenen Zuständen fähig, wie sein Oxyd.

Fluorsilicium und Kieselfluorwasserstoffsäure. Bringt man §. 199.
Fluorwasserstoffsäure mit Kieselerde oder kieselerdehaltigen Stoffen zusammen, mengt man z. B. Flußspathpulver mit Glaspulver oder mit Quarzsand, übergießt das Gemenge mit concentrirter Schwefelsäure und erhitzt es gelinde, so bildet sich Fluorsiliciumgas. Das Gas riecht stechend, röthet Lackmuspapier und bildet an der Luft weiße Nebel. Es kann nur über Queckfilber in sorgfältig getrockneten Gefäßen aufgesammelt werden, indem es von Wasser in großer Menge absorbirt und in Kieselfluorwasserstoffsäure oder Kieselflußsäure und Kieselsäurehydrat nach folgendem Schema zerfetzt wird.



Die Kieselfluorwasserstoffsäure bleibt im Wasser gelöst, das Kieselsäurehydrat scheidet sich in gallertigen Flocken aus.

Digitized by Google

Auf der Bildung von Fluorſilicium und Kieſelfluorwaſſerſtoffſäure beruht eine intereſſante techniſche Anwendung des Flußſpathes zum Aetzen des Glaſes. Man überzieht nämlich das Glas mit Wachs, nimmt den Ueberzug blos an den Stellen weg, welche vertieft werden und matt erſcheinen ſollen, und läßt es einige Zeit über einem Gefäße ruhen, in welchem durch gelinde Erwärmung eines Gemiſches von Flußſpath und Schwefelſäure Fluorwaſſerſtoffſäuregas entwickelt wird. Das Glas iſt eine kieſelſaure Verbindung und wird da aufgelöſt und zerſtört, wo es von Fluorwaſſerſtoffſäuregas berührt wird, unter Bildung von Fluorſiliciumgas oder Kieſelfluorwaſſerſtoffſäuregas, je nachdem Waſſerdämpfe ausgeſchloſſen ſind, oder mitwirken.

16. Kalium.

§. 200. **Pottaſche. Kohlenſaures Kali.** Wenn man Pflanzenaſche mit Waſſer auslaugt, ſo löſt ſich immer ein Theil davon auf. Die Löſung färbt das gelbe Curcumapapier braun, ſchmeckt ſcharf, brauſt mit Säuren ſtark auf und hinterläßt beim Abdampfen einen Salzrückſtand, der unter dem Namen Pottaſche bekannt iſt.

Die Menge von Pottaſche, wie der Aſche überhaupt, iſt aber bei verſchiedenen Pflanzen ſehr ungleich; Kräuter geben im Allgemeinen mehr, als Sträucher, dieſe wieder mehr, als Hölzer. Dies iſt aus der folgenden Tabelle leicht erſichtlich.

Tabelle über den Pottaſchengehalt verſchiedener Pflanzen.
10,000 Gewichtstheile geben Gewichtstheile Pottaſche.

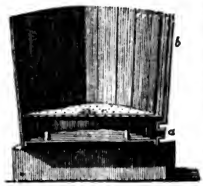
Fichtenholz	4,5
Pappelholz	7
Buchenholz . . .	14
Eichenholz	15
Birkenholz	16
Weidenholz	30
Ulmenholz	39
Lindenholz	50
Weinreben	55
Maisſtengel . . .	180
Bohnenſtengel . . .	200
Brennneſſeln . . .	250
Wicken	270
Mohn	360
Wermuth	730
Erdrauch	790.

Digitized by Google

Zu der in dem Handel vorkommenden Pottasche werden jedoch von den in der Tabelle aufgeführten Materialien nur die Hölzer verwendet, wo diese, wie in einigen Gegenden von Nord-Amerika und von Rußland, sehr wenig Werth haben. Außerdem wird im südlichen Frankreich auch aus der Asche der Weintrestern und der Weinhefe viel Pottasche gewonnen.

Aschen, welche auf Pottasche verarbeitet werden sollen, werden befeuchtet und in Gefäße mit Siebböden, Fig. 214, eingedrückt. Das Auslaugen geschieht durch aufgegossenes Wasser, welches während des Niedersinkens die löslichen Theile der Asche aufnimmt. Der Spund *a* dient zum Abzapfen der Lauge, durch das Rohr *b* findet die Luft einen Ausweg. Durch einen einmaligen Aufguß kann jedoch weder die Asche an löslichen Bestandtheilen erschöpft, noch eine gesättigte Lauge erhalten werden. Deshalb verfährt man in diesem Falle, wie überhaupt in allen ähnlichen, folgendermaßen. Gleichzeitig werden immer mehrere Auslaugegefäße zurecht gemacht. Gesetzt, man habe dieselben in drei der Anzahl nach gleiche Ordnungen No. 1, No. 2 und No. 3 gestellt, so wird die durch einmaligen Aufguß von No. 1 erhaltene Lauge zum zweiten Male auf die Gefäße von No. 2 gegeben, während zugleich diejenigen von No. 1 wieder frisches Wasser erhalten. Sind die Laugen wieder abgeflossen, so werden die von No. 2 auf die Gefäße von No. 3, von No. 1 auf die Gefäße von No. 2 gebracht, und die Gefäße von No. 1 erhalten zum dritten Male frisches Wasser. Der Inhalt der Gefäße von No. 1 ist nun durch dreimaliges Auslaugen erschöpft, nachdem die dritte schwache Lauge abgezapft ist, wird er durch eine neue Füllung ersetzt. Die schwache Lauge aber kommt von No. 1 auf No. 3, während die Gefäße von No. 2 mit einem dritten Aufgusse von reinem Wasser, welcher den Rest des Löslichen aufnimmt, versehen werden. Endlich die starke Lauge von No. 3 dient als Aufguß für die frische Füllung von No. 1. Nach dem nächsten Abzapfen erhalten die Gefäße von No. 2 frische Füllung; die Lauge von No. 2 kommt auf No. 1, von No. 3 auf die frische Füllung von No. 2, die von No. 1 erhaltene ist gesättigt; auf No. 3 kommt ein letzter Aufguß von Wasser.

Fig. 214.



Die gesättigte Lauge wird in eisernen Pfannen eingedampft, und der so gewonnene Rückstand der Flamme eines offenen Heerdes so lange ausgesetzt, bis er ganz weiß geworden ist, dann vom Heerde gezogen und abgekühlt. Er stellt dann die Pottasche des Handels dar.

Der Hauptbestandtheil der Pottasche ist kohlensaures Kali, wel-

Digitized by Google

ches durchſchnittlich drei Viertheile ihres Gewichtes ausmacht. Man erhält daſſelbe reiner, wenn man die Pottaſche mit ihrem gleichen Gewichte kalten Waſſers einen Tag lang ſtehen läßt, dann das Waſſer abgießt, bis zur Kryſtalliſation eindampft und die Mutterlauge abgießt. Die Beimengungen bleiben theils ungelöſt im Rückſtande, theils aufgelöſt in der abgegoſſenen Mutterlauge. Die Kryſtalle des kohlenſauren Kali's beſtehen aus

Kali	54
Kohlenſäure . .	25
Waſſer . . .	21.

An der Luft ziehen ſie ſchnell Waſſer an und zerfließen zu einer öligen Flüſſigkeit, bei gewöhnlicher Temperatur löſen ſie ſich in der 0,9fachen Menge Waſſer auf; die Auflöſung ſchmeckt ſcharf, aber nicht ätzend. In ſtarker Rothglühhitze ſchmilzt das Salz, bei der Weißglühhitze verdampft es.

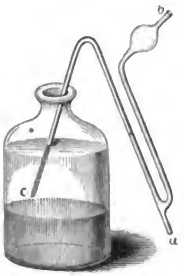
§. 201. **Kalihydrat.** Aus dem kohlenſauren Kali kann das Kali dadurch iſolirt werden, daß man zu einer bis zum Kochen erhitzten Löſung von 1 Theile kohlenſaurem Kali in 12 Theilen Waſſer nach und nach einen Brei von gelöſchtem Kalk zuſetzt. Dabei entſteht kohlenſaure Kalkerde, und Kohlenſäure wird dem kohlenſauren Kali entzogen.

Kohlenſaures Kali (147) { Kali . . . . (100) — Kalk (100)
Kohlenſäure (47)

Kalkerde . . . . . — kohlenſaure Kalkerde.
(60) (107)

Die kohlenſaure Kalkerde ſcheidet ſich nach einigem Aufkochen körnig ab, und nach gehörigem Zuſatze brauſt die filtrirte Flüſſigkeit mit Säuren nicht mehr auf, enthält nicht mehr Kohlenſäure, ſondern nur Kali aufgelöſt. Die Löſung ſondert ſich vom Bodenſatze bald ab und kann abgegoſſen werden; man bringt ſie zuerſt in Glasgefäße, in denen ſie durch gut ſchließende Stöpſel vor Berührung mit Luft geſchützt iſt, aus der ſie ſonſt Kohlenſäure anziehen würde, und läßt ſie dann ſo lange in Ruhe, bis ſie völlig klar geworden iſt. Um den Bodenſatz beim Abgießen der Flüſſigkeit nicht aufzurühren, bedient man ſich zu ihrer Trennung eines Hebers mit Aſpirationsvorrichtung, Fig. 215. Man taucht das Heberende c ſehr vorſichtig in die klare Flüſſigkeit bis

Fig. 215.



Digitized by Google

nahe an die Oberfläche des Bodensatzes, verschließt die Oeffnung *a* mit dem Finger, saugt an der Oeffnung *b* sehr langsam, bis die Flüssigkeit der Oeffnung *a* sich nähert, und nimmt alsdann den Finger weg. Die Flüssigkeit fließt durch die Oeffnung *a* bis auf das Niveau von *c* ruhig ab und wird rasch weiter eingedampft. Das Aufkochen des kohlensauren Kali's mit Kalkbrei, so wie das Eindampfen der Kalilösung muß in blanken eisernen oder besser silbernen Tiegeln vorgenommen werden.

Die eingedampfte Flüssigkeit wird Aetzkalilauge genannt. Setzt man das Eindampfen fort, bis eine Probe der Flüssigkeit auf kaltem Bleche erstarrt, so erhält man Kalihydrat mit Krystallwasser, das sogenannte trockene Kali, bestehend aus

Kali	100
Wasser . . .	85.

Von diesem Wasser können durch weiteres Eindampfen noch vier Fünftheile entfernt werden, die Flüssigkeit gewinnt alsdann die Consistenz des Oeles und erstarrt zu einer krystallinischen durchscheinenden Masse von gewöhnlichem Kalihydrat, bestehend aus:

Kali	100
Wasser . . .	17,

welches in der Rothglühhitze in weißen scharfen Dämpfen unzersetzt zu entweichen beginnt.

Gewöhnlich gießt man das geschmolzene Kalihydrat in eiserne cylindrische federkieldicke Formen.

Das Kalihydrat löst sich unter beträchtlicher Erhitzung schon in der Hälfte seines Gewichtes Wasser; auch aus der Luft zieht es rasch Wasser an und zerfließt zu einer ölartigen Flüssigkeit. Die Auflösung färbt durch Säuren geröthetes Lackmuspapier wieder blau, bräunt Curcumapapier und verhält sich im höchsten Grade ätzend; sie schmeckt scharf, brennend und zerstört die Haut der Zunge sogleich, wenn sie nur einigermaßen concentrirt ist. Ebenso werden Haut, Horn und andere thierische Stoffe dadurch zerstört. Das Kalihydrat wird deshalb in der Chirurgie häufig als Aetzmittel gebraucht und führt von diesem Gebrauche her den Namen Aetzkali.

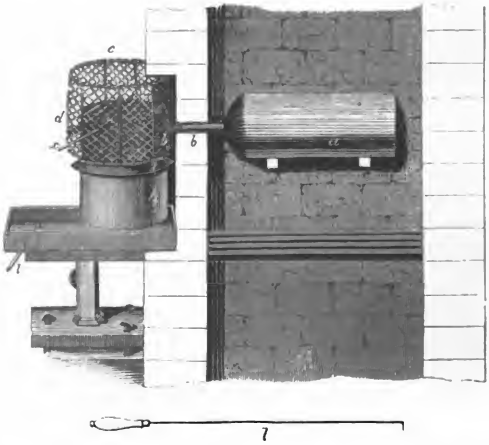
Kalium. Das Kali wurde lange Zeit für ein Element gehalten und §. 202.
mit dem Namen Pflanzenalkali bezeichnet, weil es nur in den Pflanzenaschen bekannt war, später fand man es jedoch auch reichlich in den Mineralien, namentlich im Feldspath und seinen Verwitterungsproducten, den Thonen, im Glimmer u. s. w.

Die weitere Zerlegung des Kali's in metallisches Kalium und Sauerstoff gelang zuerst mit Hülfe des elektrischen Stromes. Diese Methode

Digitized by Google

lieferte indeß nur geringe Mengen von Kalium. Zur Darſtellung größerer Mengen benutzt man die Eigenſchaft des Kali's, mit Kohle bei ſehr hoher Temperatur in Kalium und Kohlenoxydgas zu zerfallen. Um ein recht inniges Gemenge von Kali und Kohlenſtoff zu erhalten und dem Uebelſtande vorzubeugen, daß die Kohle bei der Rothglühhitze, wobei das zu dieſer Operation angewandte Kaliſalz, das kohlenſaure Kali, ſchmilzt, nicht oben auf ſchwimmt und außer Wirkſamkeit kommt, glüht man weinſteinſaures Kali in einem bedeckten Tiegel ſo lange, bis keine brennbaren Gasarten mehr entweichen, pulveriſirt die im Tiegel zurückbleibende ſchwarze Maſſe, welche ein Gemenge von kohlenſaurem Kali und Kohle iſt, und ſetzt dazu noch etwas grob pulveriſirte Kohle. Dieſes Gemenge bringt man ſogleich in eine eiſerne Flaſche *a*, Fig. 216, welche auf den Eiſen-

Fig. 216.



ſtäben *o o* ruhend in einen gut ziehenden Tiegelofen gebracht wird.

Fig. 217.

In die Oeffnung der Flaſche iſt ein kurzes eiſernes Rohr *b* eingeſchliffen, dieſes geht durch die dünne vordere Ofenwand hindurch und ſetzt die Flaſche mit der Vorlage *h* in Verbindung. Die Vorlage, Fig. 217, beſteht aus zwei kupfernen Cylindern, von denen ſich der obere in den unteren faſt bis auf den Boden einſchieben läßt und in dieſer Stellung durch den Rand *g k* erhalten wird; durch die Scheidewand *i* iſt der

Digitized by Google

obere Cylinder halbirt. Das dünne Tüllenrohr *d* paßt knapp auf die Röhre *i* (Fig. 216); in die Tülle *x* wird ein Glasrohr eingesteckt.

Die Flasche *a* mit dem Rohre *b* wird so lange für sich erhitzt, bis Kaliumdampf zu entweichen beginnt, der sich an der Oeffnung von *b* entzündet; dann wird die ungefähr zu ein Drittheil mit Steinöl gefüllte Vorlage angesetzt. Wenn dieselbe anfangs nicht ganz dicht schließt, so wird etwas Kaliumdampf entweichen und verbrennen, und das so entstandene Kali die Fuge bald verstopfen. Die Vorlage ruht auf dem Troge *p*, der seinerseits durch ein verschiebbares Stativ unterstützt ist. Das Rohr *b* muß bis zur Tülle der Vorlage glühend erhalten werden, die Vorlage dagegen wird durch Eis abgekühlt und ist deshalb mit einem Drahtnetze *d c* umgeben, in welches das Eis gelegt wird. Das während der Operation der Schmelzung entstehende Wasser fließt über den Rand *g* in den Trog *p* und von da durch das Rohr *l* weiter. Geht Alles gut, so condensirt sich der Kaliumdampf beim Austritte aus *b* und fällt tropfenweise in das Steinöl, das Kohlenoxydgas entweicht durch *x*. Manchmal jedoch verstopft sich das Rohr *b*, was man sogleich daran bemerkt, daß aus *x* keine Gasentwickelung stattfindet. Um diesem Uebelstande abzuhelfen, führt man den starken Eisendraht *l* (Fig. 216) durch die gewöhnlich mit einem Korke verschlossene Oeffnung *b* (Fig. 217) und ein derselben entsprechendes Loch der Scheidewand in das Rohr *b*, und kratzt mit dem breitgeschlagenen und umgebogenen Ende die angesetzte Masse aus.

Kalium und Kohlenoxyd sind zwar die hauptsächlichsten, aber nicht die einzigen bei dieser Operation erhaltenen Producte; in der Vorlage findet sich auch eine schwarze, stark kaliumhaltige Masse, mechanisch übergerissene Kohle und Kali. Das gewonnene, in dem Steinöl der Vorlage befindliche Kalium wird mit der schwarzen Masse zusammen einer zweiten Destillation in einem eisernen Gefäße unterworfen uud wieder unter einer Bedeckung von Steinöl gesammelt.

Das Kalium ist silberweiß, stark glänzend und hat die Dichte 0,86, schwimmt also auf dem Wasser. Bei 0° ist es brüchig, bei etwa 16° R. od. 20° C. weich, wie Wachs, bei 46° R. od. 58° C. vollkommen flüssig. Bei einer dem Rothglühen nahen Hitze verdampft es in grünen Dämpfen. Zum Sauerstoff hat es eine außerordentlich große Verwandtschaft. An der Luft oxydirt es sich allmälig, ohne sich zu entzünden, indem es sich mit einer Rinde von Kali überzieht; stärker erhitzt, verbrennt es mit Flamme. In Berührung mit Oxyden entzieht es diesen fast ohne Ausnahme ihren Sauerstoff. Auf Wasser geworfen, verbrennt es mit violetter Flamme zu Kali und bewegt sich dabei rasch über die Oberfläche des Wassers. Das Kali löst sich erst, wenn die Feuererscheinung vorüber ist, im Wasser auf und verspritzt.

Digitized by Google

Aus diesem Grunde kann das Kalium nur in einer sauerstofffreien Umgebung aufbewahrt werden; gewöhnlich unter einer Bedeckung von Steinöl, welches ein flüssiger Kohlenwasserstoff ist.

§. 203. **Kaliumoxyd. — Kali.** Das gewöhnliche Oxydationsproduct des Kaliums ist das Kali, welches besteht aus:

Kalium . . . 83
Sauerstoff . . 17;

im wasserleeren Zustande kann dasselbe als graue spröde Masse durch Verbrennung von Kalium in Sauerstoffgas erhalten werden.

Wird Kalium bei 48° bis 64° R. oder 60° bis 80° C. in der Luft oder in Sauerstoffgas entzündet, so entsteht ein pomeranzengelbes Hyperoxyd, welches auf dieselbe Menge Kalium dreimal so viel Sauerstoff enthält, als das Kali, und unter Abgabe von Sauerstoff leicht in Kali übergeht.

Wird Kalium in dünnen Blättchen mit wenig Luft in Berührung gebracht, so bildet sich eine graue Masse, welche weniger Sauerstoff enthält, als Kali, und ein Suboxyd ist.

Das Kali ist eine der stärksten Sauerstoffbasen; es bildet eine zahlreiche Reihe von Salzen, welche fast ohne Ausnahme in Wasser leicht löslich sind.

§. 204. **Kali und Kohlensäure.** Mit der Kohlensäure verbindet sich das Kali in zwei Verhältnissen, das oben beschriebene kohlensaure Kali der Pottasche ist das neutrale Salz.

Das saure kohlensaure Kali enthält auf dieselbe Menge Kali die doppelte Menge Kohlensäure. Es entsteht, wenn man das neutrale kohlensaure Kali in wenigem Wasser auflöst und Kohlensäure in die Auflösung leitet; es ist nur in 4 Theilen kalten und in 5 Theilen kochenden Wassers löslich. Die Lösung schmeckt laugenartig, aber nicht scharf und bräunt das Curcumapapier nur schwach. Aus ihr krystallisirt das Salz in luftbeständigen Krystallen, die 9 % Wasser enthalten. In der Hitze verlieren diese mit dem Wasser zugleich die Hälfte der Kohlensäure, und hinterlassen einen Rückstand von neutralem Salze.

§. 205. **Kali und Salpetersäure.** Das salpetersaure Kali ist bekannt unter dem Namen Salpeter; es ist ein für die Technik sehr wichtiges Salz, indem es die Grundlage für die Fabrication der Salpetersäure bildet (vergl. §. 137) und einen wesentlichen Bestandtheil des Schießpulvers ausmacht.

Der Salpeter findet sich theils fertig gebildet an der Erdoberfläche, theils wird er durch Zersetzung der salpetersauren Salze von Natron, Kalkerde und Talkerde, welche sich durch den Verwesungsproceß im Boden besonders heißer Landstriche fortwährend erzeugen (vergl. §. 148) gewonnen. Ueberhaupt können alle lockeren Erdmassen, welche mit verwesenden

Digitized by Google

ſtickſtoffhaltigen organiſchen Maſſen durchmengt und dabei feucht ſind, auf Salpeter verarbeitet werden, ſo vor allen der Boden von Stallungen. Oft werden dergleichen Maſſen künſtlich zuſammengeſetzt, wie in den Salpeterplantagen. Dieſe beſtehen aus einer Anhäufung von ſolchen organiſchen Stoffen, die entweder ſehr reich ſind an Stickſtoff, wie Harn, Blut, Koth, oder welche eine recht kalireiche Aſche geben, wie Wermuth, Erdrauch und Bilſenkraut, gemengt mit lockerer Erde und ſolchen erdigen Maſſen, die reich ſind an ſtarken Baſen, wie Aſche und Kalkmergel. Dieſe Haufen werden ſtets feucht erhalten, am beſten durch Uebergießen mit Flüſſigkeiten, welche ſelbſt wieder Stickſtoff oder ſtarke Baſen enthalten, z. B. mit Harn, und dem Durchzuge der Luft möglichſt ausgeſetzt, damit die Verweſung raſch vor ſich geht.

Die ſalpeterſauren Salze werden aus den Erden, in welchen ſie vorkommen, durch Waſſer ausgelaugt auf die bei der Darſtellung der Pottaſche beſchriebene Weiſe. Dieſe Lauge, die ſogenannte Rohlauge, wird zunächſt mit ſo viel Pottaſchenlöſung verſetzt, bis durch einen weiteren Zuſatz nicht mehr eine Trübung entſteht. Die Kalkerde und Talkerde wird auf dieſe Weiſe von der Salpeterſäure getrennt; ſie fallen, mit Kohlenſäure verbunden, als unlöslich nieder, während das Kali der Pottaſche ihre Stelle erſetzt. Auch das in der Lauge vorkommende ſalpeterſaure Natron ſetzt ſich mit dem kohlenſauren Kali der Pottaſche in kohlenſaures Natron und ſalpeterſaures Kali um.

Nachdem ſich die kohlenſauren Erden abgeſetzt haben, wird die darüber ſtehende Rohlauge abgezapft. Sie iſt aber noch keineswegs eine reine Salpeterlöſung, ſondern enthält neben ihm beſonders noch Chlornatrium, Chlorkalium und organiſche Stoffe; um ſie vom größten Theile dieſer Beimengungen zu befreien, wird ſie in eiſernen Keſſeln eingedampft. Die organiſchen Subſtanzen ſcheiden ſich während des Abdampfens größtentheils als Schaum auf der Oberfläche ab und werden abgeſchöpft; der größte Theil des Chlorkaliums und Chlornatriums kryſtalliſirt aus und fällt zu Boden. Dieſe einfache Ausſcheidungsmethode beruht auf folgendem Umſtande, von dem man auch in anderen Fällen Gebrauch macht. Das ſalpeterſaure Kali bedarf zu ſeiner Löſung bei 0° die 13fache Menge Waſſer und bei 100° C. noch nicht die Hälfte ſeines Gewichts, hingegen das Chlornatrium iſt ſtets in der 2,7fachen Menge Waſſer löslich, dieſes mag warm oder kalt ſein; das Chlorkalium iſt wenigſtens in heißem nicht viel mehr löslich, als in kaltem Waſſer. Dampft man nun eine kalt geſättigte Löſung von ſalpeterſaurem Kali, Chlornatrium und Chlorkalium in Waſſer bei hoher Temperatur ab, ſo entweicht bald ſo viel Waſſer, daß der Reſt trotz ſeiner höheren Temperatur nicht mehr alle Salze gelöſt zu erhalten vermag, daß ſich alſo ein Theil dieſer Salze ausſcheiden muß. Die Aus-

Digitized by Google

scheidung wird aber besonders diejenigen Salze treffen, welche bei der obwaltenden Temperatur am schwersten löslich sind. Deshalb enthält auch die während des Abdampfens ausgeschiedene Salzmasse fast nur Chlornatrium und Chlorkalium neben wenig salpetersaurem Kali, während dieses letzte mit wenig von den ersten aufgelöst bleibt. Die salpeterreiche Auflösung wird noch heiß auf Gefäße gezogen, in denen sie erkaltet. Der Salpeter hat sich als Rohsalpeter mit etwa 25 % fremder Beimengungen nach dem Erkalten fast völlig ausgeschieden, da er, wie oben erwähnt, in kaltem Wasser sehr viel weniger löslich ist, als in warmem, das Chlornatrium und Chlorkalium ist fast ganz aufgelöst geblieben. In dem wichtigsten Falle seiner technischen Anwendung, als Zusatz zum Schießpulver, darf jedoch der Salpeter gerade von den Chlorverbindungen kaum Spuren enthalten. Der Rohsalpeter muß deshalb für diesen Zweck noch einer Reinigung unterworfen werden; man übergießt ihn deshalb mit so viel Wasser, als er bei etwa 90° C. zu seiner Lösung bedarf, löst ihn in der Wärme auf, dampft die Lösung ein, versetzt sie mit etwas Leim und schäumt sie ab. Durch das Abdampfen ist wieder Chlornatrium zur Krystallisation veranlaßt und dieses wird entfernt; mit dem zugesetzten Leim ist der noch zurückgehaltene färbende organische Stoff als Schaum auf die Oberfläche getreten. Die klare Lösung wird mit etwas kaltem Wasser versetzt und während der weiteren Abkühlung stark umgerührt, damit sich keine großen Salpeterkrystalle bilden, sondern ein feinkörniges Mehl. Das Salpetermehl wird in Kästen mit Siebböden geschaufelt und mit einer Salpeterlösung übergossen. Indem diese durch das Mehl sickert, zieht ihr Wasser das noch anhängende in der Kälte leichter lösliche Kochsalz an sich und hinterläßt den Salpeter rein.

Der reine Salpeter ist neutrales salpetersaures Kali; er krystallisirt gewöhnlich in sechsseitigen Säulen, ohne Krystallwasser aufzunehmen, und besteht aus:

Kali . . .	47
Salpetersäure	53.

Er ist farblos und durchsichtig. In Wasser löst er sich unter Kälteerregung; zur völligen Auflösung sind nöthig

bei 0°	13,3	Gew.-Theile	Wasser
» 14°,4 R. od. 18° C. .	3,4	»	»
» 36,0 » » 45 » .	1,3	»	»
» 77,6 » » 97 » .	0,4	»	»

Die Auflösung schmeckt scharf bitterlich kühlend.

Der Salpeter ist schmelzbar, zersetzt sich aber in der Glühhitze, indem er sich unter Entwickelung von Sauerstoffgas zuletzt auch von Stickstoffgas in salpetrigsaures Kali, zuletzt in reines Kali verwandelt. Mit

Digitized by Google

brennbaren Stoffen, wie Kohle und Schwefel, verpufft er in der Hitze.

Schießpulver. Das Schießpulver, dieses kräftigste unter den §. 206.
bekannten und leicht zu handhabenden Zerstörungsmitteln, dessen zufällige Erfindung der Goldmacherkunst des Mittelalters zur traurigen Ehre gereicht, ist ein inniges, aber blos mechanisches Gemenge von Kohle, Schwefel und Salpeter.

Zur Gewinnung der Kohle nimmt man höchstens sechsjährige Zweige von Cornelkirsche, Faulbaum, Erle, Pappel, Linde, Kastanie, Weide oder Haselnuß, schneidet diese im vollsten Safte ab, schält die Rinde los und zerspaltet sie in dünne Stücke. Ihre Verkohlung geschieht in gußeisernen Cylindern bei völligem Luftabschlusse.

Der verwendete Schwefel und ebenso der Salpeter muß sehr rein sein. Den letzten wendet man als Salpetermehl an, dem höchstens noch $^1/_{3000}$ fremde Stoffe anhangen dürfen.

Kohle und Schwefel werden zuerst für sich gewöhnlich in eisernen Trommeln, welche sich um ihre Axe drehen und zugleich eine große Zahl von Broncekugeln enthalten, zerkleinert. Dem so erhaltenen Mehle wird der nöthige Salpeter zugegeben, mit so viel Wasser, daß die ganze Masse die Consistenz einer feuchten Erde erhält. Diese wird nochmals gestampft oder gewalzt zum Zwecke theils einer vollkommenen Mengung, theils einer weiteren Verreibung, theils der Verdichtung. Diese letzte Operation ist jedoch nicht ohne alle Gefahr; in Folge einer raschen Sauerstoffgasabsorption erwärmt sich das Pulvermehl nicht selten bis zur Temperatur der Entzündung. Der Pulversatz stellt nun eine bröckliche Masse dar; er wird durch Zerdrücken gekörnt und die Körner von dem Staube durch Sieben abgesondert. Die Körner sind noch eckig und matt; sie färben ab und stäuben. Indem man sie in Fässer füllt, welche sich rasch um ihre Axe drehen, reiben sie sich an einander und an den Wänden des Fasses ab, werden rund und zugleich glänzend glatt. Indessen braucht das Pulver nicht für alle Zwecke geglättet zu sein.

Das Verhältniß, nach welchem die Materialien im Pulver gemengt sind, ist zwar nicht immer dasselbe, weicht aber doch nicht sehr weit von einander ab.

Preuß. Militärpulver enthält auf	100	Salpeter	15,3	Schwefel u.	17,8	Kohle			
Franz.	»	»	100	»	16,6	»	»	16,6	»
Oesterreich.	»	»	100	»	15	»	»	17,3	»
Engl.	»	»	100	»	13	»	»	20.	

Diese Mischungsverhältnisse kommen mit Ausnahme des in England üblichen dem folgenden sehr nahe:

Digitized by Google

100 Salpeter
15,8 Schwefel
17,6 Kohle;

bei welchem der Sauerstoff im Salpeter gerade hinreicht, um mit der Kohle Kohlensäuregas zu geben, während das Kalium darin mit dem Schwefelgehalte Schwefelkalium bilden kann. Das Schießpulver würde danach durch Entzündung zerlegt werden können in Schwefelkalium, Kohlensäuregas und Stickstoffgas; und wirklich hat man diese Gasarten und Kohlenoxydgas als Verbrennungsproducte des Pulvers durch den Versuch bestätigt. Kohlenoxydgas muß sich aber auch in allen Fällen neben der Kohlensäure zeigen, wo die Pulvermischung mehr, als 17,6 Kohle auf 100 Salpeter enthält, wie beim englischen Kriegspulver. Bei dem eben angegebenen Normalsatze würden die nach der Entzündung bleibenden Gase bei gewöhnlicher Temperatur den etwa 300fachen Raum des Pulvers einnehmen, da sie aber im Augenblicke der Verbrennung mindestens eine Temperatur von 1200° haben, so befinden sie sich in einem Zustande der Spannung, durch die sie sich auf das etwa 1600fache auszudehnen streben. Einer solchen Spannung würden auch die stärksten Gewehrläufe nicht widerstehen können, und das entzündete Pulver erreicht sie schon deshalb nicht, weil es sich nicht augenblicklich, sondern nach und nach entzündet, und weil ein Theil der Wärme dem entstandenen Gase durch Ableitung entzogen wird. Das Licht, welches vor der Mündung eines abgefeuerten Gewehrs sichtbar ist, rührt davon her, daß sich das heiße Schwefelkalium mit den Gasen mengt und durch die atmosphärische Luft zu schwefelsaurem Kali oxydirt wird.

§. 207. **Kali und Schwefelsäure.** Das neutrale schwefelsaure Kali gehört mit unter die in der Pflanzenasche vorkommenden Salze. Es krystallisirt beim Abdampfen der Pottaschenlösung in wasserleeren Krystallen. 10 Gew. Wasser lösen bei gewöhnlicher Temperatur unter geringer Kälteentwickelung 1 Gew. davon auf. Die Auflösung schmeckt schwach salzig bitter. Das schwefelsaure Kali besteht in 100 Theilen aus:

Kali . . . 100
Schwefelsäure 84.

Das saure schwefelsaure Kali bildet sich als Rückstand bei der Bereitung der Salpetersäure aus dem Salpeter (vergl. §. 137). Es enthält:

Kali . . . 100
Schwefelsäure 169
Wasser . . 19

und schmilzt, ohne Wasser zu verlieren. Aus seiner verdünnten wässerigen Auflösung krystallisirt aber einfach schwefelsaures Kali, und die Hälfte der Schwefelsäure wird frei.

Digitized by Google

Kali und Phosphorsäure. Die Verbindungen der Phosphorsäure mit dem Kali kommen in den Pflanzenaschen vor. Sie bieten wenig Ausgezeichnetes dar; ihr Verhalten ist das allgemeine der phosphorsauren Salze (vergl. §. 168). §. 208.

Kali und Chlorsäure. Das chlorsaure Kali entsteht nach §. 175 neben Chlorkalium, wenn eine Lösung von Kali oder von kohlensaurem Kali mit Chlorgas gesättigt wird. Hat man eine Lösung von 1 Theile Kali in 3 Theilen Wasser angewendet, welche nach der Sättigung mit Chlor mehrere Tage gestanden hat, und setzt sie dann der Frostkälte aus, so krystallisirt das chlorsaure Kali aus, während das Chlorkalium gelöst bleibt. Es erscheint in glänzenden weichen, wasserleeren Krystallen, welche sich bei gewöhnlicher Temperatur in der 17fachen Menge Wasser auflösen, bei 40° R. oder 50° C. in der 5fachen, und bei 100° C. in der nahe doppelten. Die Lösung schmeckt salpeterähnlich. §. 209.

In der Hitze zerfällt das Salz zuerst in überchlorsaures und chlorigsaures Kali, nachher in Chlorkalium und Sauerstoffgas (vergl. §. 176, 177 und 100). Auf glühende Kohlen geworfen, überhaupt mit brennbaren Körpern erhitzt, verpufft es heftiger, als Salpeter, kann aber nicht als Ersatzmittel des Salpeters im Schießpulver benutzt werden, weil es sich schon durch Druck entzündet, und weil seine Entzündung so plötzlich ist, daß die Gewehrläufe leicht zersprengt werden. Eine Mischung von Stärke, Gummi oder Zucker mit chlorsaurem Kali entzündet sich bei Berührung mit Vitriolöl. Man braucht dieselbe für die gewöhnlichen *chemischen Schwefelholz-Feuerzeuge*, indem man Holzstäbchen zuerst in geschmolzenen Schwefel taucht, dann die Kuppe in einen wässerigen, gewöhnlich durch etwas Zinnober gefärbten Brei von 30 Theilen chlorsaurem Kali, 10 Theilen Schwefel, 8 Theilen Zucker und 5 Theilen arabischem Gummi. Die trockenen Hölzchen entzünden sich, wenn sie auf Asbest aufgestoßen werden, welcher mit Vitriolöl getränkt ist.

Kali und Kieselsäure. *Kieselsaure Salze* des Kali's erhält man leicht in Auflösung, wenn man Kieselerdehydrat mit Kali oder kohlensaurem Kali kocht, als glasartige Massen, wenn man Kieselerde, z. B. Quarzpulver, damit glüht. Nimmt man auf 1 Theil kohlensaures Kali nicht mehr, als etwa 2 Theile Kieselerde, so erhält man in Wasser lösliche Salze. Die Lösungen derselben schmecken ätzend und bräunen Curcumapapier; bei längerem Stehen an der Luft ziehen sie leicht Kohlensäure an und verwandeln sich dann in gallertartige Massen, durch Säuren werden sie zersetzt, wenn sie nicht zu sehr mit Wasser verdünnt sind, so daß Kieselerdegallerte ausgeschieden wird. Wird 1 Theil kohlensaures Kali mit 3 oder mehr Theilen Kieselerde zusammengeschmolzen, so entstehen strengflüssige, sehr schwer schmelzbare glasartige Verbindungen. §. 210.

Digitized by Google

Unter den in Waſſer löslichen kieſelſauren Salzen verdienen zwei einer ausführlicheren Erwähnung.

Drei Theile Kieſelerde mit mehr als ſieben Theilen kohlenſaurem Kali zuſammengeſchmolzen, geben ein waſſerhelles Glas, deſſen mittlere Zuſammenſetzung iſt.

Kali . . . 40
Kieſelſäure . 60.

Daſſelbe zerfließt an der Luft zu einer waſſerhellen Flüſſigkeit, der ſogenannten Kieſelfeuchtigkeit. Dieſe hat einen ſtark ätzenden Geſchmack; der Luft wochenlang ausgeſetzt, ſcheidet ſich aus ihr eine durchſichtige Gallerte ab, die ſich allmälig zuſammenzieht und nach einigen Monaten ſo hart wird, daß ſie Glas ritzt.

War das Verhältniß des zuſammengeſchmolzenen kohlenſauren Kali's und der Kieſelerde 3 zu 2, ſo iſt das entſtandene Glas ſchon etwas ſchwer ſchmelzbar und hart; es hat die mittlere Zuſammenſetzung:

Kali . . . 28
Kieſelſäure . 72.

Es iſt unter dem Namen Waſſerglas bekannt. An der Luft zieht es zwar Waſſer an und wird riſſig, ändert aber ſonſt nichts in ſeinem Ausſehen; in kaltem Waſſer iſt es ſehr langſam löslich, in heißem leicht. Die concentrirte Auflöſung iſt klebrig bis fadenziehend zäh und überzieht ſich in der Ruhe mit einer zähen Haut; Kohlenſäure zieht ſie erſt nach Verdünnung mit Waſſer an. Die klebrige Löſung trocknet, als Anſtrich auf Holz und dergleichen aufgetragen, zu einem firnißartigen Ueberzuge ein; man hat verſucht, dadurch Gegenſtänden von Holz ihre leichte Entzündlichkeit zu nehmen.

In den meiſten Glasſorten iſt das kieſelſaure Kali ein Hauptbeſtandtheil.

Im Mineralreiche kommen nur kieſelſaure Doppelſalze des Kali's und anderer Baſen vor. Darunter ſind die ſehr ſchwer zerſetzbaren Verbindungen des kieſelſauren Kali's und der kieſelſauren Thonerde, die Feldſpathe, am wichtigſten; ſie machen einen bedeutenden Theil von der Maſſe der Gebirge aus.

§. 211. **Kalium und Schwefel.** Das Kalium vereinigt ſich mit dem Schwefel bei gelindem Erhitzen unter lebhafter Lichtentwickelung. Je nach der Menge des Schwefels entſtehen dabei folgende Verbindungen:

Einfach Schwefelkalium, beſtehend aus	100	Kalium	und	41	Schwefel
Zweifach	»	»	»	100	»	»	82	»
Dreifach	»	»	»	100	»	»	122	»
Vierfach	»	»	»	100	»	»	163	»
Fünffach	»	»	»	100	»	»	204	»

Alle dieſe Verbindungen löſen ſich in Waſſer. Die Löſung des Eiſen-

Digitized by Google

ſchwefelkaliums iſt farblos, die der übrigen gelbbraun. Sie können auch auf mannichfaltige andere Weiſe erhalten werden. Das Einfach- und Zweifach-Schwefelkalium entſteht als Desoxydationsproduct des neutralen und ſauren ſchwefelſauren Kali's, z. B. beim Glühen mit Kohle. Ebenſo bilden ſich Schwefelverbindungen des Kaliums, wenn Schwefel mit kohlenſaurem Kali geglüht wird. Kocht man Kalilöſung mit Schwefel, ſo wird derſelbe aufgelöſt, indem ſich Fünffach-Schwefelkalium bildet und unterſchwefligſaures Kali.

Bei Luftzutritt oxydiren ſich die Löſungen der Schwefelungsſtufen des Kaliums leicht. Auf Zuſatz von Säuren entwickelt das Einfach-Schwefelkalium Schwefelwaſſerſtoff, die übrigen ſetzen zugleich Schwefel ab.

Kalium und Chlor. Im Chlorgaſe entzündet ſich das Kalium und §. 212.
verbrennt zu Chlorkalium mit lebhafterem Lichte, als es in der Luft zu Kali verbrennt. Eine Löſung von Chlorwaſſerſtoffſäure und Kali läßt beim Eindampfen Chlorkalium auskryſtalliſiren, gewöhnlich in Würfeln. Dieſe beſtehen aus:

Kalium . .	53
Chlor . . .	47.

Bei gewöhnlicher Temperatur löſt ſich 1 Theil davon in 3 Theilen Waſſer auf, bei höherer Temperatur in etwas weniger. In dunkler Rothglühhitze ſchmilzt es, bei noch höherer Temperatur verdampft es unzerſetzt.

Das Chlorkalium iſt ein Beſtandtheil vieler Mineralwäſſer und vieler Pflanzenſäfte. In der Technik wird es häufig als Nebenproduct gewonnen.

---

17. Natrium.

Soda. — Kohlenſaures Natron. An den Küſten namentlich des §. 213.
mittelländiſchen Meeres baut man einige Strandgewächſe (Salsola soda, Salicornia annua u. dergl.), nur um ihre Aſche zu gewinnen; an anderen Orten verwendet man auch die wild wachſenden Strand- und Seepflanzen zu dieſem Zwecke. Die völlig getrockneten Pflanzen werden in etwa 3′ tiefen Gruben nach und nach verbrannt, ſo daß ſich ihre Aſche darin als eine zuſammengetrocknete halbverſchlackte Maſſe ſammelt. Sie wird ausgebrochen und roh unter verſchiedenen Namen in den Handel gebracht. Der Beſtandtheil, der ihr faſt allein den Werth giebt, iſt die Soda oder das kohlenſaure Natron; die ſpaniſche Barilla enthält davon 25—30 %, die franzöſiſche Salicor 14—15 % und die Blan-

Digitized by Google

quette nur 3 — 8 %; der an den französischen und schottischen Nordseeküsten gewonnene Varec und Kelp kaum 2 %.

Um das kohlensaure Natron aus diesen Aschen zu gewinnen, laugt man sie, wie die Pottasche, mit Wasser aus und dampft die Lauge ein. Die meisten Beimengungen krystallisiren bei gewöhnlicher Temperatur heraus, in der Kälte scheidet sich das kohlensaure Natron aus. Die von den Krystallen abgegossene Lauge wird von Neuem abgedampft; nachdem sich Krystalle von den Beimengungen bei gewöhnlicher Temperatur abgesetzt haben, krystallisirt abermals kohlensaures Natron in der Kälte. Das auf diese Weise krystallisirt erhaltene kohlensaure Natron ist reiner, als das aus der rohen Pottasche gewonnene kohlensaure Kali.

§. 214. **Natronhydrat.** Durch reine Kalkerde wird einer Auflösung von kohlensaurem Natron in gleicher Weise die Kohlensäure entzogen, wie dem kohlensauren Kali (vergl. §. 201). Die Auflösung des reinen oder sogenannten ätzenden Natrons hat fast ganz dieselben Eigenschaften, wie die des Kali's. Eine bei gewöhnlicher Temperatur gesättigte Auflösung enthält 37 % Natron, hat die Dichte 1,5 und siedet bei 130° C. Beim Verdampfen verliert sie so lange Wasser, bis eine Masse entsteht, welche enthält:

Natron . .	78
Wasser . .	22.

Diese ist Natronhydrat; sie schmilzt unter der Rothglühhitze und verdampft in dieser unzersetzt, jedoch schwieriger, als Kalihydrat.

§. 215. **Natrium.** Wie das Kali, so wurde auch das Natron lange Zeit für einen chemisch einfachen Stoff gehalten und Mineralalkali genannt. Es ist aber durch dieselben Mittel gelungen, aus ihm ein Metall und Sauerstoff auszuscheiden, wie aus dem Kali; das Metall führt den Namen Natrium und wird ganz so aus dem kohlensauren Natron dargestellt, wie das Kalium aus dem kohlensauren Kali (vergl. §. 202).

Das Natrium ist dem Kalium sehr ähnlich; es ist silberweiß, stark glänzend, überzieht sich jedoch schnell mit einer matten Oxydschicht. Seine Dichte ist 0,972. Unter 0° ist es ziemlich hart, bei 0° wird es dehnbar, bei gewöhnlicher Temperatur hat es Wachsconsistenz, bei 40° R. od. 50° C. erweicht es und bei 72° R. od. 90° C ist es völlig flüssig. Es verdampft etwas schwieriger, als Kalium und in farblosen Dämpfen. Zur Verbrennung bedarf es einer höheren Temperatur, als das Kalium, so daß es, auf Wasser geworfen, zwar unter Wasserzersetzung in Natron verwandelt wird, aber dabei nicht erglüht.

§. 216. **Natriumoxyd. — Natron.** Das gewöhnliche Oxydationsproduct des Natriums bei Abwesenheit von Wasser ist das graue Natron, welches aus

Digitized by Google

Natrium . . 74
Sauerstoff . . 26

besteht. Das Natrium liefert aber auch ein Hyposyd und ein Hyperoxyd, wie das Kalium (vergl. §. 203).

Das Natron gehört zu den stärksten Sauerstoffbasen; seine Salze sind im Wasser ohne Ausnahme löslich.

Natron und Kohlensäure. Das aus der Asche der Strandgewächse gewonnene Salz ist neutrales kohlensaures Natron, welches im §. 217. geschmolzenen Zustande, d. h. wasserleer, aus

Natron . . 100
Kohlensäure . 70

besteht. Seine Auflösung schmeckt ätzend und bräunt das gelbe Curcumapapier. Aus einer wässerigen Lösung krystallisirt es je nach der Temperatur mit einem sehr verschiedenen Wassergehalte.

Das gewöhnliche Sodasalz, welches bei niedriger Temperatur aus einer minder concentrirten Auflösung entsteht, nimmt das meiste Wasser auf, es hat die Zusammensetzung:

Natron . . 100
Kohlensäure . 70
Wasser . . 287.

Dieses Salz verwittert sehr schnell, indem es Wasser verliert, bei gewöhnlicher Temperatur die Hälfte, bei 28°,5 R. oder 38° C. neun Zehntheile. Es schmilzt bei gelinder Wärme und aus diesen Flüssigkeiten scheiden sich Krystalle aus, die nur vier Fünftheile des oben angegebenen Wassergehaltes haben. Läßt man seine bei 28°,5 R. oder 38° C. gesättigte wässerige Auflösung bei derselben Temperatur krystallisiren, so enthalten die Krystalle ebenfalls nur ein Zehntheil des ursprünglichen Wassergehaltes.

Die Soda ist von sehr ausgedehnter Anwendung in den Gewerben. Nur der kleinste Theil des Bedarfs wird durch die Veraschung der Strand- und Seegewächse gewonnen. Mehr liefern die Natronseen Unterägyptens und die Boden-Ausblähungen von Shegedin in Ungarn; bei weitem der größte Theil wird aber aus Glaubersalz fabrikmäßig dargestellt (vergl. §. 220).

Sättigt man die Auflösung des vorigen Salzes mit Kohlensäuregas, so scheiden sich Krystalle eines schwerer löslichen sauren kohlensauren Salzes aus, welche bestehen aus:

Natron . . 100
Kohlensäure . 140
Wasser . . 29;

welche also doppelt so viel Kohlensäure enthalten, als die Soda. In der Hitze verhält sich das Salz wie das entsprechende Kalisalz (vergl. §. 204).

Digitized by Google

Die Auflöſung dieſes Salzes ſchmeckt wenig ätzend, läßt ſowohl die blaue Farbe des Lackmus, als die gelbe des Curcumapapiers unverändert.

Bei anhaltendem Kochen entweicht die Kohlenſäure zuerſt zu einem Drittheile, zuletzt zur Hälfte. Nachdem ein Drittheil der Kohlenſäure entwichen iſt, kryſtalliſirt beim Erkalten ein Salz von der Zuſammenſetzung:

Natron . .	100
Kohlenſäure .	105
Waſſer . .	43.

Dieſes letzte Salz findet ſich auch in der Natur als Mineral in der Oaſe Fezzan im nördlichen Afrika vorkommend, heißt es Trona, und als kryſtalliniſcher Abſatz eines See's in Südamerika, Urao.

Die Salze der Kohlenſäure und des Natrons ſind die gewöhnlichſten Beſtandtheile der Mineralwäſſer.

§. 218. **Natron und Salpeterſäure.** Das neutrale ſalpeterſaure Natron findet ſich nur mit etwas Kochſalz gemengt in Südamerika an der Grenze von Chili und Peru in einem mehrere Fuß mächtigen Lager. Es kommt als Natronſalpeter in den Handel und wird zur Salpeterſäurebereitung benutzt, aber nicht zur Pulverfabrication, weil es mit brennbaren Stoffen minder heftig verpufft, als der gewöhnliche Salpeter, vorzüglich aber, weil es aus der Luft Feuchtigkeit anzieht. Es bildet im reinen Zuſtande würfelähnliche Kryſtalle und beſteht aus:

Natron . .	37
Salpeterſäure	63.

§. 219. **Natron und Schwefelſäure.** Das neutrale ſchwefelſaure Natron iſt in vielen Mineralwäſſern, in den Salzſoolen und im Meerwaſſer aufgelöſt und bildet ſich häufig in chemiſchen Fabriken als Nebenproduct, z. B. bei der Bereitung des Chlors (vergl. §. 171) und der Salzſäure (vergl. §. 179). Es wird jetzt häufig aus Kochſalz durch Erwärmen mit Schwefelſäure dargeſtellt, ohne daß die frei gewordene Salzſäure aufgefangen wird, um weiter zu Soda verarbeitet zu werden.

Die gewöhnlichen Kryſtalle des ſchwefelſauren Natrons, wie ſie ſich in der Kälte aus einer verdünnten Löſung abſcheiden, ſind bekannt unter dem Namen Glauberſalz, ſie haben die Zuſammenſetzung:

Natron . .	100
Schwefelſäure	128
Waſſer . .	287.

Dieſe verwittern an der Luft und verlieren nach und nach alles Waſſer; bei gelinder Wärme ſchmelzen ſie, verlieren auch dabei Waſſer, werden aber erſt in der Glühhitze waſſerleer. Sie löſen ſich bei 26°,5 R. oder 33° C. am reichlichſten, nämlich in der 0,31fachen Menge Waſſer (vergl. S. 87), und eine

Digitized by Google

bei dieſer Temperatur geſättigte Löſung ſetzt bei etwa 100° C. Kryſtalle ab, welche kein Waſſer enthalten. Die Auflöſung ſchmeckt bitterlich ſalzig und zugleich kühlend. Sie wird in der Medicin häufig als Abführungsmittel angewendet.

Ein ſaures ſchwefelſaures Natron entſteht, wenn man Glauberſalz in verdünnter Schwefelſäure auflöſt, die Löſung verdampft und in der Wärme kryſtalliſiren läßt. Die Kryſtalle beſtehen aus:

Natron . .	100
Schwefelſäure	255
Waſſer . .	29.

Die mit Waſſer verdünnte Auflöſung zerfällt noch leichter in neutrales Salz und Schwefelſäure, als das entſprechende Kaliſalz (vergl. §. 207).

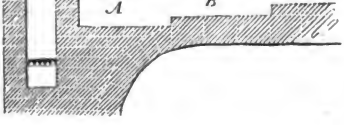
Sodafabrication aus Glauberſalz. Das Glauberſalz, welches §. 220. man theils als Nebenproduct erhält, theils durch Zerſetzung des Chlornatriums mit Schwefelſäure, wird zum größten Theile nicht als ſolches verwendet, ſondern zur Fabrication von Soda verwendet.

Das Glauberſalz wird nämlich durch Glühen mit Kohle völlig desoxydirt zu Schwefelnatrium, und dieſes zerſetzt ſich mit reinem Kalke, wie Kreide, welche kohlenſaures Calciumoxyd iſt, ſo, daß es demſelben den Sauerſtoff und die Kohlenſäure entzieht, unter Bildung von kohlenſaurem Natron und Schwefelcalcium. In der Praxis mengt man jedoch die Materialien für die zwei nach einander auftretenden angedeuteten chemiſchen Proceſſe mit einem Male, und zwar in folgendem Verhältniſſe:

Entwäſſertes ſchwefelſaures Natron	100
Kreide, oder Kalkſtein	115
Steinkohle	50.

Dieſe werden einzeln unter einer Quetſchmühle zerkleinert, geſiebt und gleichmäßig gemengt. Das Gemenge wird in einem Ofen erhitzt, welchen Fig. 218 im Durchſchnitte zeigt. Das Feuer brennt auf einem Roſte vor der Feuerbrücke, der Heerd iſt in zwei gleich weite Stufen *A* und *B* getheilt. Die niedere Stufe *A* bildet den eigentlichen Arbeitsraum, die höhere Stufe *B* dient zum Anwärmen einer neuen Portion des Gemenges. Iſt eine angewärmte Portion von hinten auf den Arbeitsraum gezogen worden, ſo wird ſie ſo lange in Ruhe gelaſſen, bis ihre Oberfläche anfängt zu ſchmelzen, hierauf aber durch

Fig. 218.

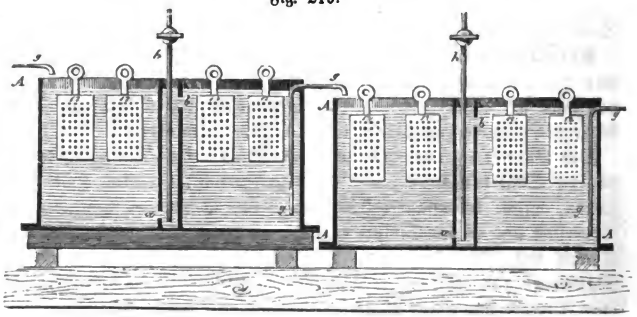


Digitized by Google

Schaufeln gewendet. Iſt dies geſchehen, ſo wird der Ofen wieder geſchloſſen, damit die Temperatur zur Reduction hoch genug ſteigt. Hat die Reduction unter Entwickelung von Kohlenoxydgas, welches in Geſtalt von blauen aus der teigigen Maſſe hervorſprühenden Flämmchen abbrennt, begonnen, ſo wird die Maſſe gut durchgearbeitet und ſo lange im teigigen Zuſtande erhalten, bis die Gasentwickelung aufhört. Die Maſſe wird nun aus dem Ofen gezogen; ſie hat das Ausſehen einer grauen Schlacke.

Um die Soda aus ihr zu gewinnen, wird ſie gröblich zerſchlagen und mit 32° R. od. 40° C. warmem Waſſer ausgelaugt. Dies geſchieht in dem Fig. 219

Fig. 219.



abgebildeten, auch in anderen ähnlichen Fällen anwendbaren Apparate ſehr ſchnell und vollſtändig. Vier Bottiche ſtehen mit einander in Verbindung, jedoch ſo, daß die Flüſſigkeit vom Boden des einen unten abfließt, entweder durch die Löcher *a*, oder durch die Heber *g*, und in den folgenden oben eintritt. Die Sodamaſſe befindet ſich in Blechkäſten mit Siebwänden und iſt eben unter die Oberfläche der auslaugenden Flüſſigkeit getaucht; damit iſt der Vortheil verbunden, daß die Soda ſelbſt immer von der ſchwächſten Lauge umgeben iſt, da die entſtandene concentrirtere wegen ihrer größeren Dichte zu Boden ſinkt. Links fließt reines Waſſer zu, rechts concentrirte Lauge ab; die Sodakäſten werden nach und nach von rechts nach links verſetzt, ſo daß das friſche Waſſer auf die ſchon ſtark erſchöpfte Maſſe wirkt, die ſchon faſt geſättigte Lauge auf friſche Maſſe. Durch die Röhren *h h* ſtrömt ſo viel Dampf ein, daß die Temperatur des ganzen Apparates beſtändig 40° C. bleibt.

Die Auflöſung enthält außer kohlenſaurem Natron beſonders noch Schwefelnatrium. Sie wird in Bleipfannen ſo lange eingedampft, als ſich kohlenſaures Natron von der Zuſammenſetzung: 100 Natron,

Digitized by Google

70 Kohlensäure und 29 Wasser ausscheidet (vergl. §. 217), welches ausgeschaufelt wird. Der Rest der Flüssigkeit wird bis zur Trockne eingedampft, abermals mit Steinkohlenklein geglüht, ausgelaugt, und die Lauge ebenso behandelt.

Am reinsten wird die Soda unmittelbar aus der rohen bis zur Sättigung eingedampften und nachher zur Abkühlung hingestellten Lauge in Krystallen vom höchsten Wassergehalte (vergl. §. 217) gewonnen.

Natron und Phosphorsäure. Von den phosphorsauren Salzen des §. 221.
Natrons gilt dasselbe, was über diejenigen des Kali's angegeben worden ist.

Ein häufig dargestelltes Salz ist das cphosphorsaure Natron. Es wird erhalten, wenn man zu roher, aus Knochenasche bereiteter Phosphorsäure (vergl. §. 166) in der Siedehitze so lange kohlensaures Natron zusetzt, als noch ein Aufbrausen stattfindet, die trüb gewordene Flüssigkeit filtrirt und eindampft. Das Salz krystallisirt mit einem bedeutenden Wassergehalte aus. Die Krystalle bestehen aus:

Kali . . .	17
Phosphorsäure	20
Wasser . .	63.

An der Luft verwittern sie schnell unter Wasserverlust; sie schmelzen bei mäßiger Wärme und geben bei 300° C. 60,5 % Wasser ab; der Rest des Wassers entweicht erst in der Glühhitze und ist als basisches Wasser anzusehen.

Natron und Borsäure. Der Borax ist ein besonders zum Löthen §. 222.
der Metalle gebrauchtes Salz. Er ist faures borsaures Natron und kommt theils als Naturproduct unter dem Namen Tinkal in den Handel, theils wird er aus Soda gewonnen durch Zusetzen der gehörigen Menge Borsäure (vergl. §. 196). Der gemeine Borax bildet große krystallinische Massen, welche sich in 10 Theilen kalten und in 2 Theilen kochenden Wassers auflösen. Die Auflösung schmeckt zusammenziehend, schwach ätzend. Bei Temperaturen unter 44°,8 R. oder 56° C. setzt sich aus ihr wieder gewöhnlicher Borax ab, welcher besteht aus:

Natron . .	100
Borsäure . .	223
Wasser . .	287.

Ist jedoch die Temperatur höher, so enthalten die ausgeschiedenen Krystalle auf 100 Theile Natron nur 143 Theile Wasser. Der gewöhnliche Borax bläht sich, wenn er erhitzt wird, unter Wasserverlust zu einer schaumigen Masse auf, welche in der Glühhitze zusammenschmilzt und nach dem Erkalten ein wasserleeres Salz zurückläßt, das Borax-Glas.

Digitized by Google

Der ſchmelzende Borax verbindet ſich mit den meiſten Metalloxyden. Er erhält deshalb die Oberfläche erhitzter Metalle rein, theils dadurch, daß er das ſchon vorhandene Oxyd aufnimmt, theils dadurch, daß er ſie mit einer Decke überzieht, welche den Zutritt der Luft hindert. Ein Zuſatz von Borax befördert das Zuſammenſchmelzen und Zuſammenlöthen von Metallen nicht etwa, weil er den Schmelzpunkt erniedrigt, ſondern weil er eine reine metalliſche Berührung möglich macht.

§. 223. **Natron und Kieſelſäure.** Gegen Kieſelſäure verhält ſich das Natron ebenſo wie das Kali (vergl. §. 210).

Die Doppelſilicate des Natrons, namentlich mit der Thonerde, gehören ebenfalls zu denjenigen Mineralien, welche häufig als Hauptbeſtandtheile von Geſteinen auftreten.

§. 224. **Natrium und Schwefel.** Die Verbindungen des Natriums mit dem Schwefel ſind denen des Kaliums (vergl. 211) ſo völlig enſprechend, daß eine beſondere Ausführung derſelben hier überflüſſig iſt.

Das Einfach-Schwefelnatrium beſteht aus:

Natrium . .	100
Schwefel . .	51.

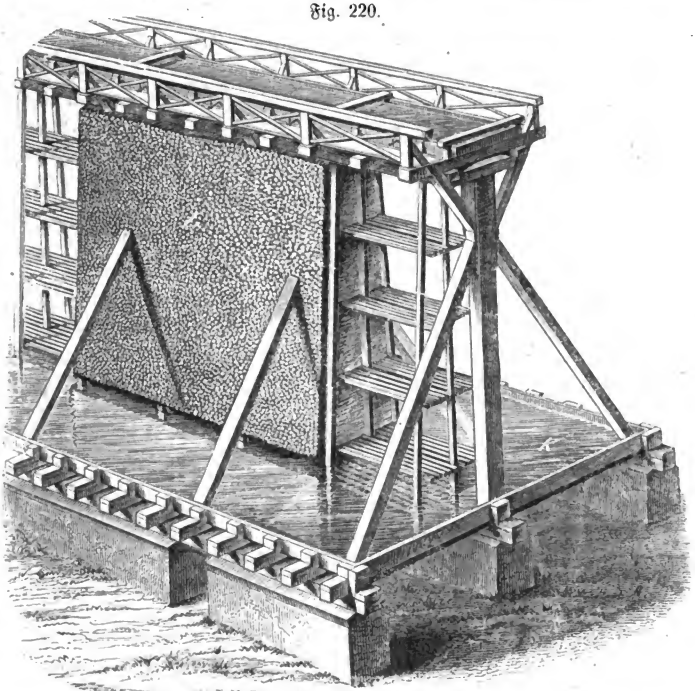
§. 225. **Natrium und Chlor.** Eine der verbreitetſten Natronverbindungen iſt das Chlornatrium, das Kochſalz (vergl. §. 183). Wie bereits erwähnt, findet es ſich vorzüglich unter zweierlei Verhältniſſen, einmal aufgelöſt im Meerwaſſer und in den ſalzigen Binnenſeen, und dann als Steinſalz, und zwar theils rein in mächtigen Lagern, wie bei Wieliczka in Galizien, theils andere lockere Gebirgsmaſſen, namentlich Thon, durchdringend, wie in Würtemberg. Wenn Quellwaſſer mit Steinſalz führenden Gebirgsmaſſen in Berührung kommen, nehmen ſie davon auf und treten als Salzquellen oder Soolen an den Tag. Nicht an allen Orten iſt das Steinſalz rein genug, um durch einen eigentlichen Bergbau in Stücken, die ſogleich zum Verbrauche dienen, ausgebrochen zu werden. Bei weitem das meiſte Kochſalz liefern die Soolen, welche aber auch künſtlich durch Bohrlöcher an die Erdoberfläche gefördert werden. Indem man nämlich ein Bohrloch bis auf ein ſteinſalzhaltiges Geſtein niedertreibt und Waſſer einläßt, ſättigt ſich dieſes mit Kochſalz und wird als Kochſalzlöſung wieder herausgepumpt. Die Soolen der Bohrlöcher ſind in der Regel werthvoller, als die der natürlichen Soolen; ſie enthalten mehr Kochſalz, da man das Zufließen von gewöhnlichem Waſſer zu der bereits mit Kochſalz verſehenen Löſung verhüten kann. Indeſſen iſt die Soole auch der meiſten Bohrlöcher eine unvollkommen geſättigte Löſung, ſie iſt überdies nie eine reine Chlornatriumlöſung, ſondern enthält auch andere Salze aufgelöſt, unter denen ſchwefelſaure und ſaure kohlenſaure Kalkerde, ſchwefelſaure Talkerde, Chlormagneſium und Chlorkalium die

Digitized by Google

gewöhnlichsten sind. Um das Chlornatrium aus den Soolen zu gewinnen, muß deshalb das Wasser und die beigemengten Salze entfernt werden.

Das Wasser wird verdampft zum Theil bei gewöhnlicher Temperatur auf den Gradirwerken, zum Theil bei erhöhter Temperatur in den Siedepfannen. Die Gradirwerke, Fig. 220, sind hohe Holzgerüste,

Fig. 220.



welche mauerartig aufgeschichtete Faschinen von Schwarzdorn, die sogenannten Dornenwände, stützen. Die Soole wird in einen Kasten über der Dornenwand gepumpt und von da fein vertheilt über dieselbe herabfließen gelassen; sie erhält dadurch eine möglichst große Oberfläche, befindet sich also unter den für die Verdampfung des Wassers günstigsten Verhältnissen. Nach dem Herabfließen sammelt sie sich in einem Reservoir unter der Dornenwand und wird so oft wieder aufgepumpt, bis sie durch

Digitized by Google

nochmaliges Gradiren nicht blos Wasser, sondern auch Chlornatrium verlieren würde. Sie ist dann siedewürdig, enthält aber nie mehr, als 23 % Kochsalz, hat also eine Dichte von etwa 1,174 (vergl. S. 87).

Durch das Gradiren ist jedoch die Soole nicht allein concentrirt worden, sondern auch zugleich etwas gereinigt. Kohlensaure und schwefelsaure Kalkerde bleiben als krystallinischer Ueberzug, als sogenannter Dornstein, an den Dornen hängen, die erste wird auf diese Weise vollständig, die zweite zum größten Theile ausgeschieden.

Die gradirte Soole wird in flachen, weiten, aus Schwarzblech zusammengeschlagenen Pfannen, Fig. 221, eingedampft, deren Boden auf kleinen Pfeilern *a a*, Fig. 222, ruht und durch eine geschickte Legung der Feuerzüge möglichst gleichförmig erwärmt wird. Damit die Verdampfung rasch vor sich gehe, ist es nothwendig, daß die mit Wasserdämpfen gesättigte Luft über den Pfannen nicht ruhe, sondern rasch entfernt werde; dies wird durch den aufgesetzten Brodenfang *I* erreicht.

Zu Anfang des Siedens wird die Soole bis zum Aufwallen erhitzt und das verdampfte Wasser von Zeit zu Zeit durch frische Soole ersetzt. Dabei überzieht sich die Oberfläche der Soole alsbald mit einem braunen Schaume, der aus Salzen, besonders schwefelsaurer Kalkerde und schwefelsaurem Natron besteht, gemengt mit veränderter organischer Substanz. Dieser Schaum wird theils mit Krücken herausgezogen, theils brennt er am Boden als Pfannenstein fest. Beginnt das Kochsalz sich als krystallinische Haut auf der Oberfläche abzuscheiden, so wird das Feuer ermäßigt und dadurch die Temperatur der Soole auf 72° — 60° R. od. 90° — 75° C. erniedrigt. Bei dem weiteren langsamen Gange der Verdampfung bilden sich vierkantig-trichterförmige Krystalle, welche so lange an der Oberfläche schweben, bis sie durch die aufsteigenden Wasserdämpfe bewegt werden. Sie fallen auf den Boden, werden mit Krücken zuerst an den Rand gezogen und dann entweder hinter die aufgeschlagenen Laden *L*, Fig. 221, oder in geflochtene Körbe geschaufelt. Wenn die anhängende Soole abgelaufen ist, wird das Salz in geheizten Räumen getrocknet und ist dann zum Verbrauche fertig.

Das auf diese Weise erhaltene Salz ist nie ganz reines Chlornatrium, sondern stets mit etwas von den Salzen verunreinigt, welche mit dem Chlornatrium zugleich in der Soole aufgelöst sind, namentlich mit Glaubersalz und Chlormagnesium; es ist nicht zu allen Perioden des Siedens von gleicher Zusammensetzung, sondern zu Anfang reiner, als später. Dieser Umstand erklärt sich aus der Ursache, die überhaupt seiner Ausscheidung zu Grunde liegt. Das Chlornatrium löst sich in kaltem, wie in warmem Wasser gleich leicht auf (vergl. S. 86); die anderen Salze der Soole in heißem viel leichter, als in kaltem. Wird nun eine Soole bei

Digitized by Google

Fig. 221.

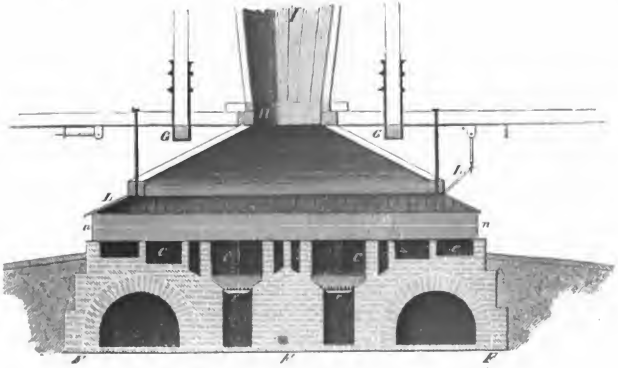
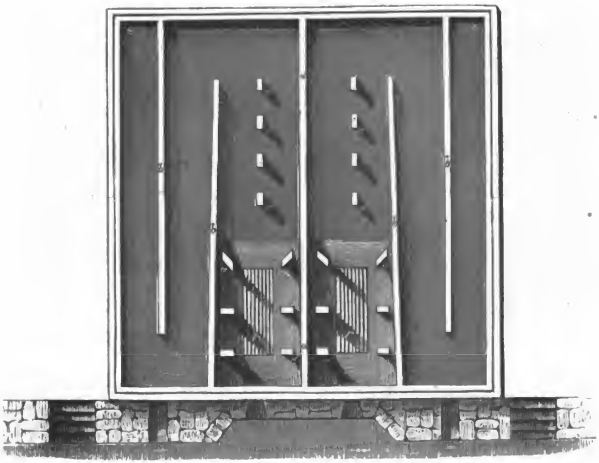


Fig. 222.



Digitized by Google

75° — 90° C. eingedampft, so kommt man nach und nach auf einen Punkt, wo das noch rückständige Wasser eben noch im Stande ist, alle Salze gelöst zu erhalten; wird noch weiter verdampft, so muß sich ein Theil derselben ausscheiden, und zwar vorzugsweise und am reichlichsten das am schwersten lösliche Salz. Dieses ist aber bei der hohen Temperatur der Flüssigkeit das Chlornatrium.

Der Gehalt des Kochsalzes an reinem Chlornatrium ist verschieden. Die meisten Beimengungen sind aber nicht geradezu schädlich. Nur das Chlormagnesium hat die Eigenschaft, an der Luft zu zerfließen und schmeckt sehr scharfsalzig; ein bedeutenderer Gehalt nimmt deshalb dem Salze seine Haltbarkeit, ein geringerer ist aber wenigstens für den Küchengebrauch des Geschmackes wegen fast nothwendig.

Auch aus dem Meerwasser wird ein wenn auch sehr unreines Kochsalz gewonnen, indem man dasselbe in flachen Bassins an der Luft bis zur Krystallisation verdunsten läßt. Die Gewinnung von Seesalz ist deshalb vorzüglich in wärmeren Gegenden ausführbar.

Chlornatrium entsteht, wenn man Natrium in Chlorgas bringt; die Verbindung tritt bei gewöhnlicher Temperatur ein mit lebhaftem rothen Funkensprühen.

Das Chlornatrium kommt gewöhnlich in würfelförmigen durchsichtigen farblosen Krystallen vor. Es hat die Dichte 2,08. Bis zum Rothglühen erhitzt, schmilzt es, in der Weißglühhitze verdampft es. Rasch entstandene Krystalle verknistern auf dem Feuer. Sie lösen sich bei jeder Temperatur in der 2,7fachen Menge Wasser. Die Lösung schmeckt rein salzig. Bei starker Kälte gefriert aus der Lösung reines süßes Eis.

§. 226. **Verbreitung des Natriums.** Die Hauptvorkommnisse des Natriums sind in den vorhergehenden Paragraphen schon erwähnt; sie sind vorzüglich das kieselsaure Natron in den Doppelsilicaten des Mineralreichs und das Chlornatrium. In den Pflanzenaschen und mithin auch in den Pflanzensäften tritt das Natrium im Allgemeinen gegen das Kalium zurück; in den Aschen thierischer Stoffe hingegen herrscht es vor dem Kalium vor.

18. Lithium.

§. 227. Das Lithium ist ein Metall, welches sich in allen Beziehungen eng an das Kalium und Natrium anschließt. Es ist aber bei weitem weniger verbreitet und findet sich reichlicher nur in wenigen und noch dazu seltenen Mineralien. Einige Mineralwässer, wie das von Karlsbad, und einige Salzsoolen, wie die von Kissingen, enthalten Spuren davon.

Digitized by Google

19. Ammonium.

Alkalimetalle und Alkalien. Das Kalium, Natrium und Lithium werden die Alkalimetalle genannt. Sie sind bei gewöhnlicher Temperatur weich, schmelzen unter 100° C. und verflüchtigen sich bei schwacher Rothglühhitze. An der Luft oxydiren sie sich sehr leicht. Ihre Oxyde, die sogenannten Alkalien, sind im wasserleeren Zustande grauweiß, im hydratischen weiß. Die Hydrate sind leicht schmelzbar und verdampfen bei sehr hoher Temperatur, aber ohne ihr Wasser zu verlieren, ohne sich zu zersetzen. Die wässerigen Auflösungen der Hydrate zerstören im concentrirten Zustande die Haut und die meisten organischen Substanzen, im verdünnten schmecken sie sehr ätzend und färben das gelbe Curcumapapier braun. Die Salze der Alkalien sind mit sehr wenigen Ausnahmen in Wasser leicht löslich. §. 228.

Die Alkalien sind die stärksten Basen, indem sie fast alle anderen Basen aus ihren Verbindungen mit Säuren zu verdrängen vermögen. In dieser letzten Beziehung zunächst ist das Ammoniumoxyd (vergl. §. 145) mit ihnen vergleichbar, dessen wässerige Auflösung, die Ammoniakflüssigkeit (vergl. S. 239) übrigens auch die ätzenden Eigenschaften der Alkalilösungen, wenn auch in etwas geringerem Grade, an sich trägt. Man rechnet deshalb auch das Ammoniumoxyd mit zu den Alkalien und unterscheidet es als flüchtiges Alkali von den übrigen als fixen Alkalien. Die vorausgesetzte Grundlage des Ammoniumoxyds, das Ammonium, vertritt somit die Stelle eines Metalls.

Durch die folgende Beschreibung der Ammoniumverbindungen wird die Naturgemäßheit dieser Annahme hinlänglich gerechtfertigt werden. Zuvor muß jedoch noch erwähnt werden, daß der Sprachgebrauch zwischen Ammoniak, welches eigentlich das sauerstoffleere Gas bezeichnet, und Ammoniumoxyd nicht immer scharf unterscheidet und gewöhnlich, wie es auch hier geschieht, der Kürze wegen die Ammoniumoxydsalze Ammoniaksalze genannt werden.

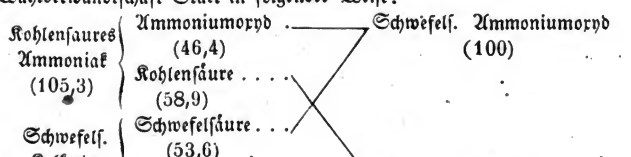
Chlorammonium. — Salmiak. Die Grundlage für die Darstellung aller Ammonium- und Ammoniakverbindungen ist das Chlorammonium oder der Salmiak. Dieses Salz kommt fertig gebildet in der Natur nur sehr selten vor, wie z. B. als vulcanisches Sublimat am Krater des Vesuv und Aetna. Seine fabrikmäßige Gewinnung beruht darauf, daß alle stickstoffhaltigen organischen Stoffe Ammoniumverbindungen unter den Producten ihrer trockenen Destillation enthalten. Früher kam aller Salmiak aus Aegypten, wo der getrocknete Kameelmist das §. 229.

Digitized by Google

gewöhnliche Brennmaterial abgeben muß. Bei der Verbrennung desselben bildet sich ein dicker Rauch und in den Schloten setzt sich viel Salmiak enthaltender Ruß an. Gegenwärtig macht jedoch der ägyptische Salmiak nur einen sehr kleinen Theil des im Handel vorkommenden aus; der meiste Salmiak wird aus dem unreinen kohlensauren Ammoniak bereitet, welches sich bei der trockenen Destillation von wohlfeil zu erlangenden thierischen Abfällen, als altem Leder, Hornspähnen, Klauen, Hufen, wollenen Lumpen, verdorbenem Fleisch und dergl. bildet. Die trockene Destillation wird am besten in gußeisernen Röhren, ähnlich den Gasretorten (vergl. S. 225), ausgeführt; auch der Verdichtungsapparat kann von der bei der Leuchtgasbereitung üblichen, in Fig. 182 abgebildeten Form sein. Die aus den Destillationsproducten condensirte Flüssigkeit ist eine braune stinkende Lösung von kohlensaurem Ammoniak, gemengt mit anderen, besonders öligen Substanzen; auch die nicht condensirten Dämpfe sind im höchsten Grade stinkend und verpesten die Umgebung.

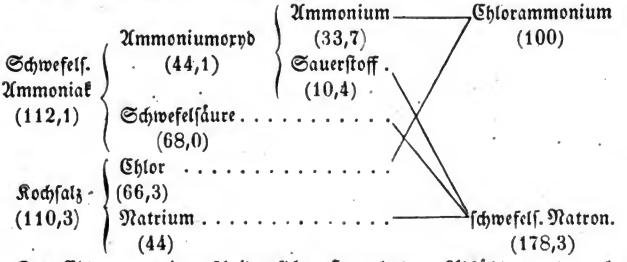
Nur selten kann man die rohe Salzsäure billig genug haben, um sie sogleich zur Zersetzung des rohen kohlensauren Ammoniaks zu benutzen und sogleich durch Verdampfung und Krystallisation rohen Salmiak daraus zu gewinnen. Gebräuchlicher und in mehrfacher Beziehung bequemer ist das Verfahren, wonach das kohlensaure Ammoniak zuerst durch Zersetzung mit Gips, d. i. schwefelsaurer Kalkerde, in schwefelsaures Ammoniak und dieses nachher durch Sublimation mit Kochsalz in Chlorammonium umgewandelt wird.

Die Zersetzung der rohen Ammoniakflüssigkeit durch Gips geschieht am besten in flachen Bleikästen, auf deren Böden ein hölzerner Rost ruht. Darüber ist Leinwand gebreitet und auf diese der Gips als feines Pulver geschüttet. Die Ammoniakflüssigkeit wird darauf gegossen und so oft wieder auf einen neuen Kasten gegeben, bis sie mit Säuren versetzt nur noch schwach aufbraust oder wenig Kohlensäure zurückhält. Während des langsamen Durchfließens durch den Gips findet eine Zersetzung durch doppelte Wahlverwandtschaft Statt in folgender Weise:



Nachdem der Rest der Kohlensäure durch zugesetzte Schwefelsäure entfernt ist, wird die ganze Lösung in Bleipfannen eingedampft und hierauf

mit einem Ueberschusse von Kochsalz versetzt. Das stinkende theerartige Oel, welches sich sowohl während des Eindampfens, als auch während der Versetzung mit Kochsalz auf der Oberfläche sammelt, schöpft man ab, trennt die klare Lösung nach öfterem Umrühren und Stehenlassen von dem ungelösten Theile des zugesetzten Kochsalzes und dampft sie abermals in Bleipfannen ein. Dabei nun krystallisirt zuerst schwefelsaures Natron aus, welches sich durch doppelte Wahlverwandtschaft zwischen dem schwefelsauren Ammoniak und Kochsalz gebildet hat.



Das Chlorammonium scheidet sich erst nach dem Abkühlen und nach längerem Stehen ab, jedoch verunreinigt theils mit stinkendem Oele, theils mit schwefelsaurem Natron. Vom ersten wird es durch scharfes Trocknen, vom anderen durch Sublimation gereinigt. Zur Sublimation dienen längliche Kolben, deren unterer Theil durch einen Ofen erwärmt wird, während der obere kühl bleibt; die Sublimation ist bei weitem der schwierigste Theil der Salmiakfabrication und muß so geleitet werden, daß sich die entwickelten Salmiakdämpfe in der oberen kühleren Wölbung des Kolbens zu einer compacten, halbdurchsichtigen Masse verdichten. Dabei ist natürlich stets darauf zu sehen, daß sich der Hals nicht verstopft und der Kolben nicht während der Arbeit durch die Dämpfe zersprengt wird; von Zeit zu Zeit wird deshalb ein heißes Eisen durch den Hals eingeführt. Nach vollendeter Arbeit müssen die Kolben zerschlagen werden, um den sublimirten Salmiak, der die Form eines in der Mitte durchbohrten Pilzes hat, herauszubringen.

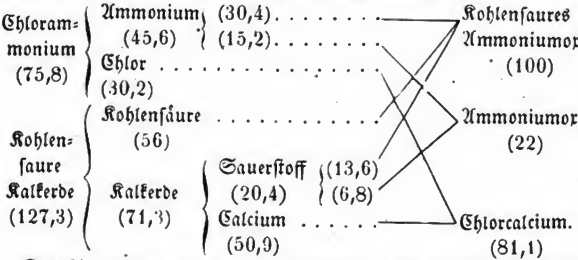
Das reine Chlorammonium ist faserig krystallinisch, es läßt sich wegen seiner Zähigkeit schwierig pulvern. Es verdampft in der Hitze unzersetzt, und zwar, ohne vorher zu schmelzen. Bei gewöhnlicher Temperatur löst es sich in der 2,7fachen Menge Wasser, bei der Siedehitze in seinem gleichen Gewichte. Die Lösung schmeckt scharf salzig. Nach längerem Liegen an der Luft und nach der Auflösung in heißem Wasser hat es stets etwas Ammoniak verloren.

Das Chlorammonium ist von mannichfacher Anwendbarkeit, außerdem,

Digitized by Google

daß es zur Bereitung anderer Ammoniumverbindungen gebraucht wird, ist es ein sehr wirksames Heilmittel.

§. 230. **Ammoniumoxyd und Kohlensäure.** Mit der Kohlensäure geht das Ammoniumoxyd Verbindungen in sehr verschiedenen Verhältnissen ein. Die gewöhnlichste unter diesen Verbindungen, welche auch bei der Destillation stickstoffreicher organischer Stoffe entsteht, ist das anderthalb kohlensaure Ammoniak. Um es rein zu erhalten, erhitzt man 3 Theile Kreidepulver, d. i. kohlensaure Kalkerde, und 2 Theile Salmiak in einer eisernen Retorte mit einer Vorlage von Blei oder Thon, wobei ein Rückstand von Chlorcalcium in der Retorte bleibt und anderthalb kohlensaures Ammoniak zugleich mit Ammoniumoxyd verdampft.



Das Ammoniumoxyd entweicht gasförmig, das anderthalb kohlensaure Ammoniak verdichtet sich als weiße faserige Masse in der Vorlage. Es hat die Zusammensetzung:

Ammoniumoxyd	44
Kohlensäure . .	56.

Beim Liegen an der Luft oder auch nur beim Aufbewahren in schlecht verschlossenen Gefäßen verwandelt es sich unter Ausdünstung von Ammoniak und Kohlensäure in eine zerreibliche Masse von zweifach kohlensaurem Ammoniak, welche besteht aus:

Ammoniumoxyd	33
Kohlensäure .	56
Wasser . . .	11.

Bis 40° R. od. 50° C. erwärmt, beginnt es zu verdampfen, jedoch nicht ohne Zersetzung. Bei gewöhnlicher Temperatur ist die drei- bis vierfache Menge Wasser zu seiner Lösung nöthig. Die Lösung verliert in der Wärme nach und nach ein Drittheil des Kohlensäuregehaltes und enthält dann neutrales kohlensaures Ammoniak aufgelöst.

Läßt man Ammoniakgas und Kohlensäuregas beide völlig trocken zusammentreten, so verbinden sie sich langsam zu einer weißen nach Ammoniak riechenden Masse, welche besteht aus:

Digitized by Google

Ammoniak . . 44
Kohlensäure . . 56;

also kein Ammoniumoxydsalz ist, aber an der Luft sowohl als im Wasser sogleich in ein solches übergeht.

Kohlensaures Ammoniak findet sich in allen faulen Flüssigkeiten organischen Ursprungs, besonders reichlich in der Mistjauche.

Ammoniumoxyd und Salpetersäure. Das salpetersaure Ammoniak ist bereits früher (vergl. §. 147) als eines der ersten und wesentlichsten Fäulnißproducte von stickstoffhaltigen Substanzen angeführt, als ein sehr wesentliches Glied bei der Bildung von salpetersauren Salzen. §. 231.

Im reinen Zustande wird es gewonnen durch Zusetzen von Salpetersäure zu Ammoniakflüssigkeit oder kohlensaurem Ammoniak und Abdampfen der Lösung bis zur Krystallisation. Gewöhnlich bildet es dünne gegliederte Säulen oder Nadeln, welche enthalten:

Ammoniumoxyd 32
Salpetersäure . 68.

An der Luft verlieren dieselben nach und nach Ammoniak und zerfließen; 2 Theile davon lösen sich in etwa 1 Theile Wasser und zwar unter beträchtlicher Kälteentwickelung auf. Bei höherer Temperatur zerfallen sie zuerst (bei etwa 250° C.) in Wasser und Stickstoffoxydulgas (vergl. §. 143), nachher sehr rasch in andere gasförmige Producte.

Mit brennbaren Stoffen erwärmt, verpufft das salpetersaure Ammoniak; in einen glühenden Tiegel geworfen, verbrennt es mit gelbem Lichte und unter Zischen. Es führt deshalb den Namen flammender Salpeter.

Ammoniumoxyd und Schwefelsäure. Das neutrale schwefelsaure Ammoniak wird erhalten, wenn man einer Lösung von kohlensaurem Ammoniak so lange Schwefelsäure zusetzt, als noch Kohlensäure unter Aufbrausen entweicht, und die Lösung bis zur Krystallisation eindampft. Es hat die Zusammensetzung: §. 232.

Ammoniumoxyd 39
Schwefelsäure . 61.

Dieses Salz ist die beständigste unter den Ammoniakverbindungen; es ist luftbeständig, d. h. es verliert an der Luft weder Ammoniak, noch Schwefelsäure. Erst bei 280° C. fängt es an, sich zu zersetzen, nachdem es schon bei 140° C. geschmolzen ist. Zu seiner Lösung ist bei gewöhnlicher Temperatur die doppelte Menge Wasser erforderlich, in der Siedehitze die einfache. Die Lösung hat einen scharfen und bitteren Geschmack.

Es findet sich als Mineral unter den vulcanischen Erzeugnissen am Vesuv, Aetna u. s. w.

Setzt man seiner Lösung Chlorwasserstoffsäure zu und dampft ab, so

Digitized by Google

krystallisirt Chlorammonium aus und ein saures schwefelsaures Salz, welches auf dieselbe Menge Ammoniumoxyd doppelt so viel Säure enthält.

Läßt man Ammoniakgas und Schwefelsäuregas beide völlig wasserleer zusammentreten, so bilden sie ein krystallinisches in Wasser lösliches Pulver, dessen Zusammensetzung ist:

Ammoniak . .	30
Schwefelsäure .	70.

Seine Lösung in Wasser zeigt aber ein ganz anderes Verhalten, als die Lösung des schwefelsauren Ammoniaks; weder das Ammoniak, noch die Schwefelsäure kann auf die Weise, wie aus anderen Salzen, wenigstens nicht vollständig ausgeschieden werden. Daraus ist der Unterschied zwischen den eigentlichen Ammoniakverbindungen und denen des Ammoniumoxydes am deutlichsten ersichtlich; daraus geht bestimmt hervor, daß nicht das Ammoniak, sondern nur das Ammoniumoxyd eine Salzbasis ist (vergl. §. 145).

§. 233. **Ammoniumoxyd und Phosphorsäure.** Die Verbindungen des Ammoniumoxydes mit den Phosphorsäurehydraten bieten wenig Ausgezeichnetes; sie sind von geringer Beständigkeit und verlieren an der Luft leicht Ammoniak. Das halb *c* phosphorsaure Ammoniumoxyd findet sich im Harne der fleischfressenden Thiere. Es hat die Zusammensetzung:

Ammoniumoxyd	39,2
Wasser . . .	6,8
Phosphorsäure .	54,0.

§. 234. **Ammoniumoxyd und Kieselsäure.** Die Verbindungen des Ammoniumoxydes mit der Kieselerde sind wenig bekannt. Ammoniakflüssigkeit löst ziemlich viel frisch gefällte Kieselerde, d. h. Kieselerdehydrat, auf, dagegen das kohlensaure Ammoniak nur sehr wenig.

§. 235. **Ammonium und Schwefel.** Läßt man Ammoniakgas und Schwefelwasserstoffgas in was immer für einem Verhältnisse bei gewöhnlicher Temperatur zusammentreten, so bildet sich immer eine Verbindung von Einfach-Schwefel-Ammonium mit Schwefelwasserstoff. Sie hat die Zusammensetzung:

Ammonium . . .	36
Schwefel	31
Schwefelwasserstoff .	33.

Nur unter dem Gefrierpunkte ist sie in starrer Form als farblose krystallinische Masse zu erhalten; bei gewöhnlicher Temperatur verdampft sie und liefert ein durchdringend-übelriechendes Gas. In Wasser löst sie sich leicht auf. Die Auflösung wird erhalten, wenn man Ammoniakflüssigkeit mit Schwefelwasserstoffgas sättigt. Man bedient sich dazu desselben Apparates, welcher bei der Bereitung der wässerigen Schwefelwasserstoff-

Digitized by Google

säure (§. 156) beschrieben ist. Die Auflösung ist farblos, färbt sich aber an der Luft sehr schnell gelb.

Die gelbe Flüssigkeit enthält Fünffach-Schwefelammonium aufgelöst, welches besteht aus:

Ammonium .	18
Schwefel . .	82.

Dasselbe entsteht auch, wenn man in Ammoniakflüssigkeit Schwefelblumen giebt und dann erst Schwefelwasserstoff hindurchleitet.

Die in der Heilkunde angewandte Schwefelleber ist ein Gemisch von beiden eben genannten Verbindungen.

---

20. Calcium.

Kalkerde. — Calcium. Setzt man reinen Kalk, z. B. weißen §. 236.
Marmor oder farblosen Kalkspath einer anhaltenden Glühhitze aus, so verliert er etwas mehr, als ein Viertheil seines Gewichtes. Der Rückstand nach dem Glühen ist reine Kalkerde, bekannt unter dem Namen gebrannter oder ätzender Kalk. Erhitzt man reine Kalkerde unter einem Strome von Kaliumdampf, so wird ihr dadurch unter Bildung von Kali und unter Zurücklassung einer silberweißen Metallmasse Sauerstoff entzogen. Die silberweiße Masse oder das Calcium ist die metallische Grundlage des Oxydes, welches man Kalkerde nennt. An der Luft und im Wasser oxydirt es sich leicht, aus dem letzten entwickelt es dabei Wasserstoffgas. In beiden Fällen entsteht Calciumoxyd oder Kalkerde, welche zusammengesetzt ist aus:

Calcium . .	71
Sauerstoff .	29.

Die Kalkerde ist weiß und weich. Sie gehört zu den am schwersten schmelzbaren Stoffen. Aus der Luft zieht sie sehr leicht und reichlich Kohlensäure und Wasser an und nimmt dabei um mehr als die Hälfte an Gewicht zu. Mit Wasser vereinigt sie sich zu einem in Wasser löslichen Hydrat, mit den Säuren bildet sie Salze, die sich in Salpetersäure und Salzsäure alle lösen, in Wasser aber bei weitem nicht alle.

Kalkerdehydrat. Uebergießt man gebrannten Kalk, d. h. Kalkerde, §. 237.
mit kaltem Wasser, so nimmt er davon ein Drittheil seines Gewichtes unter Zischen auf und zerfällt zu einem weißen, zarten Pulver von Kalkerdehydrat; er wird gelöscht. Dieser chemische Proceß der Aufnahme von Wasser ist mit einer so intensiven Wärmeentwickelung verbunden, daß das aufgegossene Wasser in's Sieden geräth und zum Theil verdampft,

Digitized by Google

ehe es chemisch gebunden wird, daß sich aufgeworfener Schwefel und Schießpulver, ja sogar Holz, bis zur Entzündung erhitzt. Das auf diese Weise erhaltene Kalkerdehydrat besteht aus:

Kalkerde . .	76
Wasser . .	24.

Der Sauerstoffgehalt der Kalkerde ist danach gleich dem Sauerstoffgehalte des Hydratwassers.

Schüttelt man Kalkerdehydrat mit Wasser in einer verstöpselten Flasche und läßt nachher die Flasche so lange in Ruhe, bis sich die Flüssigkeit geklärt hat, so erhält man eine gesättigte Auflösung von Kalkerde. Diese ist ausnahmsweise um so ärmer an Kalkerde, eine je höhere Temperatur sie hat; sie enthält nämlich bei 0° auf 1 Theil Kalkerde 656 Theile Wasser, bei 64° R. oder 80° C. hingegen 1280 Theile, also ungefähr die doppelte Menge davon.

Die Auflösung des Kalkerdehydrats, das **Kalkwasser**, ist farblos, schmeckt schwach ätzend und färbt Curcumapapier braunroth; es hat also die ätzenden Eigenschaften der Alkalilösungen, nur in etwas geringerem Grade. Es entzieht seinen Umgebungen schnell die Kohlensäure, unter Ausscheidung von kohlensaurer Kalkerde. Diese letzte zieht sich bald als ein feines Häutchen über seine Oberfläche, wenn man es frei an der Luft stehen läßt. In der Technik wird das Kalkwasser häufig gebraucht, um aus einer Gasmasse den Kohlensäuregehalt zu entfernen, z. B. bei der Reinigung des Leuchtgases (vergl. S. 227).

Die gewöhnliche **Kalkmilch** ist ein Gemenge von Kalkwasser, Kalkerdehydrat und häufig auch schon etwas kohlensaurer Kalkerde.

Das Kalkerdehydrat verliert sein Hydratwasser bei schwacher Glühhitze, ohne vorher zu schmelzen.

§. 238. **Kalkerde und Kohlensäure.** Die wichtigste Verbindung der Kalkerde mit der Kohlensäure ist das unter dem Namen **Kalk** bekannte neutrale Salz, welches besteht aus:

Kalkerde . .	100,0
Kohlensäure .	78,6.

Dieses Salz ist durch die ganze Natur verbreitet. Es tritt selbstständig als Gesteinsmasse auf, besonders im sogenannten Flötzgebirge. Es ist ein fast nie fehlender Bestandtheil in der Asche von Thieren und Pflanzen, in denen es häufig schon fertig ausgebildet ist; so erscheint es auskrystallisirt in den Zellen vieler Pflanzenarten und ausgeschieden in den Knochen der Thiere und in knochenähnlichen Gebilden; die Muschelschalen, Schneckenhäuser und Steincorallen bestehen fast lediglich daraus.

Die Vorkommnisse des Kalks im Mineralreiche, als **Kalkspath** und **Arragonit**, **körniger Kalk** oder **Marmor**, **dichter gemeiner**

Digitized by Google

Kalk, Kalktuff und Kreide, bilden einen ſtetigen Uebergang von den vollkommenſten Kryſtallen zu zerreiblichen Haufwerken.

Die neutrale kohlenſaure Kalkerde iſt farblos und durchſichtig; im Waſſer iſt ſie ſo wenig löslich, daß man ſie gewöhnlich geradezu als unlöslich bezeichnet; 10000 Theile Waſſer nehmen noch nicht ganz einen Theil davon auf. Dagegen wird ſie reichlich aufgenommen von den Löſungen der Ammoniumoxydſalze und des Chlorammoniums. Von allen Säuren wird ſie unter Aufbrauſen zerſetzt, indem die Kohlenſäure entweicht. Sie iſt ſchmelzbar, jedoch nur, wenn ſie im abgeſchloſſenen Raume raſch erhitzt wird. Die geſchmolzene Maſſe erſtarrt zu einer Art feinkörnigem Marmor. Wird ſie bei Luftzutritt geglüht, ſo entweicht ihr Kohlenſäuregehalt nach und nach vollſtändig, und zwar um ſo ſchneller und bei um ſo niedrigerer Temperatur, je mehr ſie dabei einem Strome von Gas oder Dampf ausgeſetzt iſt; daher erhält man am leichteſten ganz kohlenſäurefreie Kalkerde, wenn man einmal gebrannten Kalk mit Waſſer befeuchtet und nochmals glüht; mit den Waſſerdämpfen entweicht die letzte Spur von Kohlenſäure.

Setzt man den Kalk blos der Rothglühhitze aus, ſo verliert er nur die Hälfte ſeiner Kohlenſäure, er verwandelt ſich in baſiſch kohlenſaure Kalkerde von der Zuſammenſetzung:

Kalkerde . .	100
Kohlenſäure .	39,3.

Dieſer ſogenannte halbgebrannte Kalk liefert, mit Waſſer übergoſſen, kein Kalkerdehydrat, er zerfällt nicht, ſondern erhärtet.

Ebenfalls ein baſiſches kohlenſaures Salz entſteht, wenn gebrannter Kalk ſo lange an der Luft liegen bleibt, bis er nichts mehr aufnimmt; dieſes enthält aber zugleich Waſſer. Seine Zuſammenſetzung iſt:

Kalkerde . .	100
Kohlenſäure .	39,3
Waſſer . .	16,1.

Er iſt der weſentliche Beſtandtheil des ſogenannten zerfallenen Kalks.

Beide baſiſche Salze verlieren in der Glühhitze ihre Kohlenſäure; der ſo erhaltene gebrannte Kalk ſoll ſich aber, mit Waſſer übergoſſen, langſamer zu Hydrat verwandeln, als der gewöhnliche.

Ein ſaures kohlenſaures Salz erhält man, wenn man durch Kalkwaſſer ſo lange Kohlenſäure leitet, bis die zuerſt ausgeſchiedene neutrale kohlenſaure Kalkerde wieder völlig gelöſt iſt. Dieſes Salz iſt faſt in allen Quellen aufgelöſt. Es zerſetzt ſich aber ſehr leicht langſam, wenn es längere Zeit an der Luft ſteht, raſch in der Siedehitze; in beiden Fällen entweicht Kohlenſäure, und neutrale kohlenſaure Kalkerde ſcheidet ſich aus.

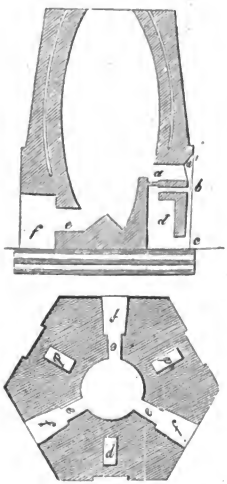
Digitized by Google

Auf diesem chemischen Processe beruht der Absatz des Kalksinters, Kalktuffs, Travertins und Tropfsteins aus kalkhaltigen Quellwässern, ferner die Bildung von Kesselsteinen in allen Gefäßen, in welchen solches Quellwasser gekocht wird.

§ 239. **Das Brennen des Kalks.** Der gebrannte Kalk wird in der Technik so häufig angewendet, daß man ihn ganz im Großen darstellt, häufig in dem untersten vom Feuer zunächst getroffenen Raume der Ziegelöfen, gewöhnlich in besonders für diesen Zweck construirten Kalköfen. Diese Oefen haben die Form einer runden, in der Mitte sich erweiternden Grube, welche mit feuerfesten Steinen ausgesetzt und am unteren Ende mit Zuglöchern versehen ist. Die Zuglöcher müssen weiter sein, als es blos zur Erhaltung der Verbrennung nöthig wäre, da nach dem vorigen §. ein Luftstrom das Entweichen der Kohlensäure begünstigt. Auch dienen dieselben zugleich zum Herausziehen des gebrannten Kalks.

Wo man Steinkohlen als Brennmaterial anwenden kann, ist der Kalkofenbetrieb am einfachsten. Der Ofen wird mit einem Gemenge von 3 Raumtheilen Kalk und 1 Raumtheile Steinkohlen gefüllt und in Brand gesetzt. Die Kohlen verbrennen erst in der Nähe der Zuglöcher vollständig, und der Kalk erglüht erst hier so sehr, daß er alle Kohlensäure verliert; in den oberen Theilen des Ofens wird er blos angewärmt. Den gebrannten Kalk schafft man durch die Zuglöcher heraus und füllt den Ofen jedesmal von oben wieder voll, nachdem sich die frühere Füllung bis auf den Boden gesenkt hat.

Fig. 223.



Bei dem geringen Aschengehalte der Steinkohlen schadet es nicht viel, wenn der gebrannte Kalk auf eben beschriebene Weise mit dem Brennmaterial vermengt wird. Wo man sich aber genöthigt sieht, mit Torf zu brennen, würde sich aus der glühenden Torfasche und dem gebrannten Kalke leicht eine unbrauchbare Schlacke erzeugen, wenn man das Brennmaterial und den Kalk im Ofen selbst mengen wollte. Man bringt dann die Feuerung seitwärts an. Fig. 223 zeigt einen derartigen Ofen Bei *a* befinden sich drei Roste, welche von den Oeffnungen *a'* aus versorgt werden; durch *b* wird der Feuerung frische Luft zugeführt; *d* ist der

Aschenfall; durch die Oeffnungen *e* wird der gebrannte Kalk aus dem Ofen in den Vorraum *f* geschafft, in dem er bis zur Abkühlung liegen bleibt.

Die beschriebenen Oefen sind für einen fortwährenden Betrieb eingerichtet, aber in diesem Falle auch besonders kostensparend.

Nicht alle Kalksorten eignen sich gleich gut zum Brennen. Der körnige Marmor verliert zwar alle Kohlensäure und ist ein sehr reiner Kalk, nach dem Brennen und Uebergießen mit Wasser zerfällt er aber nicht fein genug. Dichte Kalksteine, die mehr als 5 % Thon enthalten, wie die Mergel, geben nur bei großer Vorsicht einen brauchbaren gebrannten Kalk; bei zu starker Erhitzung zersetzt die Kalkerde den Thon und verbindet sich mit seinen Bestandtheilen zu einer zusammengesinterten harten Masse. Der gebrannte Kalk zerfällt dann nicht mehr mit Wasser; er heißt todtgebrannt und ist für die gewöhnlichen Zwecke unbrauchbar. Ganz reiner Kalk kann auch durch die intensivste Hitze nicht todtgebrannt werden.

Kalkerde und Salpetersäure. Die neutrale salpetersaure Kalkerde, der Kalksalpeter, findet sich reichlich in den natürlichen und künstlich erzeugten Salpetererden (vergl. §. 147 und §. 205). Aufgelöst kommt sie in einigen Quellwässern vor, ausgewittert als lockerer, weißer Beschlag, als sogenannter Mauersalpeter an Wänden, in welche Harn und andere stickstoffhaltige thierische Flüssigkeiten eindringen. Im letzten Falle entsteht das Salz auf dieselbe Weise, wie die salpetersauren Salze überhaupt in der lockeren Erde aus der Fäulniß organischer Stoffe in Berührung mit den kohlensauren Salzen starker Basen entstehen. §. 240.

Das Salz krystallisirt mit einem sehr starken Wassergehalte als zerfließliche in Wasser sehr leicht lösliche Masse, bestehend aus:

Kalkerde . .	24
Salpetersäure .	46
Wasser . . .	30.

Seine Auflösung schmeckt scharf und bitter.

Kalkerde und Schwefelsäure. Auch die Verbindung der Schwefelsäure mit der Kalkerde findet sich in der Natur sehr häufig. Als Gips geht sie in den Bau der Gebirge ein, obgleich sie nicht so zusammenhängende Gebirgsmassen bildet, wie der Kalk; auch beobachtet man sie häufig in derselben Form als krystalliniſche Ausscheidung aus den Säften lebender Pflanzen. Der Gips besteht aus: §. 241.

Kalkerde . .	33
Schwefelsäure .	46
Wasser . . .	21.

Im reinen Zustande ist er farblos, ziemlich weich und zerreiblich. Im

Digitized by Google

Wasser löst er sich sehr schwer auf; sowohl von kaltem als auch von heißem Wasser bedarf er dazu die etwa 400fache Menge seines eigenen Gewichtes. Die Lösung hat einen schwachen faden Geschmack. Viele harte Quellen sind fast gesättigte Gipslösungen. Auch in Säuren, in Salpetersäure und Salzsäure, ist der Gips wenig löslich. Er scheidet sich deshalb und zwar in sehr feinen Krystallchen aus, wenn man Schwefelsäure irgend einer kalkerdehaltigen Lösung zusetzt.

Durch Erwärmung wird der Gips sehr leicht entwässert. An der Luft erhitzt, fängt er etwas über 100° C. an, Wasser zu verlieren und schon bei 130° C. verliert er es vollständig. Dabei blättert er sich auseinander und zerfällt zu einem weißen Pulver. Rührt man dieses Pulver mit Wasser an, so nimmt es das verlorene Krystallwasser wieder auf und gesteht zu einer festen Masse. Hat man aber die Erhitzung bis zum Glühen oder auch nur bis über 200° C. gesteigert, so hat er die Fähigkeit, wieder Wasser aufzunehmen, verloren.

Auf der Erhärtung des schwach gebrannten und nachher mit Wasser angerührten Gipses beruht die Hauptanwendung desselben. Gießt man Gipsbrei über eine Form und läßt ihn darauf erhärten, so erhält man einen leicht abzulösenden scharfen Abguß. Während seiner Erhärtung dehnt sich nämlich der Gips etwas aus und wird dadurch in die feinsten Fugen der Form eingepreßt. Der Abguß von Gipsbildern für sich ist daher eine sehr einfache Sache; die Kunst des Abgießens von Gegenständen, an welchen einspringende Vertiefungen und hervorragende Kanten vorkommen, besteht lediglich in der Anfertigung einer Form, die sich stückweise herunternehmen läßt, ohne den Guß zu beschädigen. Wenn man gebrannten Gips anstatt mit bloßem Wasser mit schwachem Leimwasser anrührt und Farbe zusetzt, so entsteht der sogenannte Stuck, welcher eine so vollkommene Politur annimmt, daß man die natürlichen Marmorarten mit täuschender Aehnlichkeit daraus nachbilden kann. Auch als Zusatz zum Mörtel, besonders für den äußeren Abputz der Wände und zum Estrichguß wird der gebrannte Gips häufig angewendet. Er liefert einen Mörtel, der sehr schnell fest wird, aber auch schnell verarbeitet werden muß; denn wenn er einmal halbfest war, so läßt er sich zwar nochmals zerrühren und wird auch zum zweiten Male, aber dann weit weniger fest. Die wasserfreie schwefelsaure Kalkerde findet sich im Mineralreiche als Anhydrit, jedoch weit seltener, als der Gips. Er nimmt, wie der scharf geglühte Gips, nur sehr langsam Wasser auf und schmilzt bei starker Rothglühhitze.

§. 242. **Kalkerde und Phosphorsäure.** Die phosphorsauren Salze der Kalkerde spielen im Organismus, besonders im thierischen, eine sehr wichtige Rolle. Die Asche fast aller Pflanzen enthält eine beträchtliche

Digitized by Google

Menge davon, und in den Skeletten aller höher entwickelten Thiere machen sie einen sehr wesentlichen Bestandtheil aus. Im Mineralreiche dagegen sind sie sehr sparsam verbreitet; das einzige Mineral, welches daraus und aus Chlorcalcium oder Fluorcalcium besteht, ist der Apatit, und dieses gehört keineswegs zu den häufig vorkommenden und allgemein verbreiteten Mineralien.

Das wichtigste phosphorsaure Salz der Kalkerde ist dasjenige, welches in den Knochen vorkommt. Dasselbe enthält etwas weniger Kalkerde, als zur Bildung eines völlig neutralen Salzes nöthig wäre; denn der Sauerstoffgehalt der Basis verhält sich zum Sauerstoffgehalte der Säure nicht wie 3 : 5, sondern wie 8 : 15. Seine Zusammensetzung ist:

Kalkerde . . 52
Phosphorsäure 48.

Dasselbe Salz scheidet sich stets in gallertartigen Flocken ab, wenn man Ammoniak zu einer Auflösung zusetzt, welche neben Kalkerde und Phosphorsäure überschüssige Säure enthält. Die Flocken trocknen zu einer weißen nicht krystallinischen Masse zusammen, welche erst bei etwa 400° C. zu einer Art Porzellan zusammenschmilzt. Nur im frisch ausgeschiedenen Zustande ist es in Wasser etwas löslich, leichter in solchem Wasser, welches Ammoniaksalze oder Chlornatrium enthält. Salzsäure und Salpetersäure lösen es leicht auf: indem sie es zersetzen, unter Bildung von löslichen Salzen, nämlich von Chlorcalcium und salpetersaurer Kalkerde einerseits und saurer phosphorsaurer Kalkerde andererseits. Die letzte scheidet sich beim Abdampfen der Lösung in krystallinischen, an der Luft feucht werdenden Schuppen ab, welche in der Glühhitze unter Wasserverlust schmelzen und ein durchscheinendes im Wasser unlösliches Glas von meta- oder *a* phosphorsaurer Kalkerde zurücklassen. Die so entstandene *a* phosphorsaure Kalkerde (vergl. §. 167) wird in der Glühhitze durch Kohle zersetzt; zwei Drittheile ihres Phosphorsäuregehaltes werden zu Phosphor desoxydirt. Auf dieser Zersetzungsweise beruht das gewöhnliche Verfahren bei der Phosphorfabrication (vergl. §. 160), nur wird zur Zersetzung der phosphorsauren Kalkerde der Knochen Schwefelsäure genommen, und die schwefelsaure Kalkerde größtentheils vor dem Eindampfen der sauren phosphorsauren Kalkerde durch Filtriren entfernt.

Kalkerde und Kieselsäure. Verbindungen von Kalkerde und Kieselsäure bilden sich, wenn man reinen Kalk, wie Marmor, mit reiner Kieselsäure, wie Quarz, fein zerrieben zusammenmengt und der Hitze eines tüchtigen Gebläseofens, zum Beispiel einem starken Schmiedefeuer, aussetzt. Hat man auf 100 Theile Kalk 30 Theile Quarz genommen, so entsteht eine ungeschmolzene bröckliche Masse. Mit der doppelten Menge Quarz erhält man ein trübes Glas, mit der dreifachen Menge § 243.

Digitized by Google

Quarz ein noch leichter schmelzbares. Alle so erhaltenen Kalkerdesilicate werden durch Salzsäure und zwar gewöhnlich leicht zersetzt, unter Abscheidung von Kieselerdegallerte.

Im Mineralreiche sind die Silicate der Kalkerde sehr verbreitet, treten aber selten ganz rein auf; sie enthalten gewöhnlich neben der Kalkerde noch andere verwandte Basen, namentlich Talkerde, Eisenoxydul und Manganoxydul, oder bilden Doppelsilicate. Von den natürlichen Silicaten, in welchen Kalkerde vorherrscht, oder auch nur als wesentlicher Bestandtheil auftritt, sind die meisten in Salzsäure nicht, oder doch schwer und unvollkommen zersetzbar; die wichtigsten darunter sind Augit, Hornblende und Labrador.

Kalkerde und Kieselerde, theils nur mechanisch gemengt, theils in unbestimmten Verhältnissen chemisch mit einander verbunden, sind für die Technik als Grundlage der Mörtelarten und des Glases von sehr großer Wichtigkeit.

§ 244. **Mörtel.** Der gewöhnliche Luftmörtel wird aus Kalkmilch und feinerem oder gröberem Quarzsande oder Grus zusammengemengt. Als steifer Teig angewendet, erhärtet er bald und backt an die Steine, welche man damit zusammengelegt hat, fest an, jedoch, wie der Gipsmörtel, nur dann, wenn er noch in wirklich teigigem und nicht in klumpigem Zustande angewendet war; denn sein Erhärten beruht nicht auf einer langsam eintretenden chemischen Verbindung von Kalkerde und Kieselerde, sondern darauf, daß er austrocknet und rasch Kohlensäure anzieht. Ist diese Veränderung einmal mit ihm vorgegangen, so hat er nach nochmaligem Zerrühren in Wasser seine bindende Kraft verloren.

Anders ist es mit dem Wassermörtel oder hydraulischen Mörtel. Dazu können nur solche Gemenge von Kalkerde und Kieselerde genommen werden, welche unter Wasser nach und nach zu Kalkerdesilicathydraten erstarren. Gewöhnlich sind jedoch noch Silicate von Thonerde und Talkerde beigemengt.

Am einfachsten erhält man den Wassermörtel aus Cement und Kalkmilch, denen man, hauptsächlich um, wie bei dem Luftmörtel, das Schwinden zu verhüten, noch Quarzsand zusetzt. Unter Cement versteht man Silicate, vorzüglich von Thonerde, Kalkerde und Alkalien, welche durch Verwitterung mechanisch und chemisch aufgelockert sind. Diese finden sich in einigen vulcanischen Gegenden als ausgedehnte Lager. So wird der Traß an vielen Punkten des Rheinthales, besonders zwischen Coblenz und Cöln, gegraben, als eine graugelbe, poröse, im frischen Zustande ziemlich weiche Masse. Noch ausgezeichneter sind die italienischen Cemente, die Puzzolane und der Paufilipptuff. Auch bis zum anfangenden Schmelzen gebrannter Thon und die meisten Hochofenschlacken geben

Digitized by Google

ein gutes Cement. Der hydraulische Mörtel erhärtet viel langsamer, als der Luftmörtel, der später erhärtende wird aber häufig gerade der festeste. Nach der Erhärtung ist er fester als Kalkstein, mit Salzsäure zersetzt er sich unter Hinterlassung von Kieselgallerte. Die Kalkerde hat sich also eines Theils der Kieselerde des Cementes bemächtigt, dessen Alkali gewöhnlich in Freiheit gesetzt und ausgewaschen worden ist; auf der Oberfläche nimmt jedoch die Kalkerde auch etwas Kohlensäure auf, und tiefer im Inneren bleibt das Cementpulver unverändert.

Der hydraulische Mörtel kann aber auch ohne natürliches Cement bereitet werden. Viele Kalksteine, die Mergelarten, enthalten Thon mechanisch eingemengt. Beträgt die Menge dieses Thons etwa $\frac{1}{4}$ vom Ganzen, ist der Thon recht reich an Kieselerde und mit dem Kalke gleichmäßig gemengt, so giebt der Mergel nach vorsichtigem Brennen eine Masse, welche, pulverisirt und mit Wasser zu einem dicken Brei angerührt, unter Wasser sogar vollkommener erhärtet, als der aus Cement bereitete Mörtel. Mergelarten, die für diesen Zweck brauchbar sind, heißen hydraulische Kalke. Das Brennen derselben erfordert weit mehr Aufmerksamkeit, als das der reinen Kalke, und die Güte des Products hängt sehr davon ab. Bei zu hoher Temperatur werden sie leicht todtgebrannt; die Kalkerde hat sich dann schon während des Glühens mit der Kieselerde vereinigt. Bei zu niedriger Temperatur entweicht nicht alle Kohlensäure, und die Kalkerde wird nicht in freien Zustand versetzt.

Endlich, wo man auch keinen hydraulischen Kalk hat, kann man ihn aus Kalk und Thon oder Quarzpulver zusammensetzen. Man pulvert beides, knetet daraus Kugeln und brennt diese. Der in England aus Kreide und Feuerstein bereitete hydraulische Kalk löscht sich auch als Pulver langsam, erhärtet aber zu einer weißen, sehr festen polirfähigen Masse.

Glas. Das Glas, welches gegenwärtig zu den gewöhnlichsten Ma- §. 245.
terialien für die Anfertigung von Hausgeräthen gehört, war im Alterthume eine große Seltenheit. Wahrscheinlich durch die Kreuzfahrer wurde die Glasmacherkunst aus dem Oriente nach Venedig und von da nach Böhmen und weiter verpflanzt; dennoch aber ist der Gebrauch der Fensterscheiben, z. B. in Wien, nicht vor 1460 allgemein gewesen.

Das Glas ist ein im zähflüssigen Zustande geformter Stoff, der jedoch beim Erkalten nicht die mindeste Spur von krystallinischer Beschaffenheit angenommen hat. Seine äußeren Eigenschaften sind bekannt; in der folgenden Tabelle ist die Zusammensetzung der wichtigsten Glassorten angegeben.

Digitized by Google

Tabelle über die Zuſammenſetzung der Gläſer.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
Kieſelerde . . .	60,0	45,6	73,8	70,0	69,7	69,0	72,0	69,4	56,0	42,5
Kali und Natron .	3,1	6,1	10,9	11,1	15,2	11,1	17,0	11,8	6,6	11,7
Kalkerde, mit wenig Talkerde und Manganoxydul . . .	23,5	28,1	10,6	13,7	13,3	12,5	6,4	9,2	—	0,5
Thonerde u. Eiſenoxyd	20,4	20,2	4,6	5,2	1,8	7,4	4,6	9,6	1,0	1,8
Bleioxyd . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	34,4	43,5

I. II. Bouteillenglas, franzöſiſches.
III. IV. Medicinglas.
V. VI. Fenſterglas.
VII. Spiegelglas.
VIII. Hohlglas, böhmiſches.
IX. Kryſtallglas, belgiſches.
X. Flintglas, franzöſiſches, zum Gebrauche für Optiker.

Man erſieht aus dieſer Tabelle, daß die weſentlichen und hauptſächlichen Beſtandtheile des Glaſes Kieſelerde, Kali oder Natron und Kalkerde ſind. Nur in den feinſten Glasſorten iſt die Kalkerde durch Bleioxyd erſetzt; die ganz gemeinen Sorten enthalten viel Thonerde, die feineren nur Spuren davon; der Eiſenoxydgehalt iſt nur im gefärbten Glaſe beträchtlich; Talkerde und Manganoxydul treten nur als ſehr untergeordnete Beſtandtheile auf. Ferner kann man daraus, daß die Zahlen der Tabelle ſo wenig mit einander übereinſtimmen, ſchließen, das Glas ſei kein beſtimmtes kieſelſaures Salz, ſondern eine erſtarrte Auflöſung von mehreren Salzen in einander. Ja gerade dieſer Umſtand iſt eine Hauptſache bei der Glasfabrication, indem dem Glaſe dadurch die Anlage zum raſchen Kryſtalliſiren genommen wird.

Das Glas iſt zwar eine ſehr wenig zerſetzbare Subſtanz und kann deshalb zur Aufbewahrung der meiſten Flüſſigkeiten dienen, allein völlig unangreifbar iſt es doch nicht. Schon Waſſer nimmt nach langem Kochen in Glasgefäßen kieſelſaures Alkali auf; noch leichter wird dies aus Glaspulver ausgezogen. Alles Glas erblindet mit der Zeit, wenn es häufig mit Waſſer benetzt wird; kieſelſaures Alkali wird dabei aus ſeiner Oberfläche ausgewaſchen, während eine dünne ſchillernde Schicht von Kieſelerde als Ueberzug zurückbleibt. Säuren, beſonders Vitriolöl, entziehen dem Glaſe Alkalien, um ſo leichter, je weniger Kieſelerde es enthält. Kali-

Digitized by Google

und Natronlösung lösen schon in der Kälte Kieselerde auf. Am wenigsten widersteht das bleihaltige Glas chemischen Einwirkungen. Von Fluorwasserstoffsäure werden alle Glassorten zerfressen (vergl. §. 191).

In der Glühhitze erweicht das Glas und wird biegsam; weiter erhitzt kommt es in zähen Fluß; bei der höchsten Temperatur der Glasöfen fließt es wie Syrup. Je mehr Kalkerde, Kali, besonders Natron und noch mehr Bleioxyd ein Glas enthält, desto leichter schmilzt es; Kieselsäure und Thonerde hingegen machen es strengflüssig.

Farbe erhält das Glas durch Eisen- und Mangangehalt; das Natron giebt ihm nur einen Stich in das Blaugrüne.

Die Dichte des Glases ist nach seiner Mengung sehr veränderlich, am größten bei dem bleihaltigen Glase, bei dem Flintglase 3,3 bis 3,8, bei dem Krystallglase 2,9 bis 3,3. Unter den bleifreien Gläsern ist das eisenhaltige gefärbte Bouteillenglas dichter, als das eisenarme farblose Hohlglas; die Dichte des ersten ist etwa 2,7; die des letzten etwa 2,5.

Die Härte des Glases steigt mit seinem Kieselerde- und Kalkerdegehalte; Bleigehalt vermindert sie.

Die Materialien der Glasfabrication, der *Glassatz*, sind sehr mannichfaltig. Zu feinen Glassorten werden reine Materialien genommen, als farbloser Quarz, Feuerstein oder reiner Quarzsand, gereinigte Pottasche oder Soda, reiner gebrannter Kalk oder reines Bleioxyd, gewöhnlich die sogenannte Mennige. Gewöhnliche Glassorten werden aus gemeinem Quarzsande, roher Pottasche oder Soda und gemeinem Kalke erzeugt. Zu dem Bouteillen- und Arzneiglas nimmt man Sand, rohe Asche und Mergel oder Lehm, verwendet wohl auch Hochofenschlacken und schmelzbare mineralische Silicate, als Feldspath, Basalt, Lava u. dergl. Anstatt der kohlensauren Alkalien kann man auch ihre schwefelsauren Salze, besonders Glaubersalz, mit einem Zusatze von Kohle zum Glassatze nehmen, oder Kochsalz, oder das unreine Chlorkalium des Seifensiederflusses. Immer müssen die Materialien fein zerrieben und innig mit einander gemengt werden.

Das *Einschmelzen* des Glases geschieht in großen Tiegeln aus feuerfestem Thone in den sogenannten *Glashäfen* und erfordert Oefen von besonderer Construction, welche die Flamme und ihre Wärme so zusammenhalten, daß mehrere Glashäfen zugleich bis zur hellen Gluth erhitzt werden können. Die Glasöfen sind deshalb niedrig gewölbt, haben dicke Mauern und möglichst kleine Seitenöffnungen.

Der Glassatz wird nach und nach in den glühenden Tiegel eingetragen und niedergeschmolzen. Dies geschieht anfangs unter Aufschäumen so lange, bis die Kohlensäure der Pottasche oder Soda durch die Kieselerde verdrängt ist. Später geräth der Glassatz in vollkommen ruhi-

Digitized by Google

gen Fluß, und nur bei Anwendung unreiner Materialien ſcheidet ſich eine ſchaumige Maſſe, die ſogenannte Glasgalle, auf der Oberfläche ab, welche aus ſolchen Salzen, z. B. ſchwefelſauren Alkalien, beſteht, deren Baſen von der Kieſelerde nicht aufgenommen worden ſind, und welche abgezogen werden muß. Die ruhig fließende Maſſe iſt aber keineswegs ſchon klar, indem ſich eben ſowohl feine, noch ungelöſte Sandkörnchen, als auch Kohlenſäurebläschen wegen ihrer Zähigkeit ſchwebend in ihr erhalten. Um die erſten zum Sinken, die anderen zum Aufſteigen zu bringen, alſo zugleich beide zu entfernen, verſtärkt man das Feuer ſo ſehr, daß die Glasmaſſe dünnflüſſig wird, und erhält ſie in dieſem Zuſtande, bis eine herausgenommene Probe völlig klar erſcheint. Dieſe Operation heißt die Läuterung. Nachdem ihr Ziel erreicht iſt, wird die Ofenhitze ermäßigt; denn das geſchmolzene Glas muß bei dem Formen wieder zähflüſſig oder teigig geworden ſein. Die Temperatur des Glasofens iſt immer ſehr hoch; während der Läuterung iſt ſie über 9000° C. und beim Formen immer noch 5000° C. Geformt wird gewöhnlich durch Blaſen mit der Glaspfeife, ſeltener durch den Guß, wie namentlich die Spiegeltafeln. Die Glaspfeife, Fig. 224, iſt ein höchſt einfaches Inſtrument, ein Eiſenrohr mit aufgeſchobenem Holzſchaft *c*. Das eine Ende der Pfeife (*b*) wird in den Glashafen wiederholt eingetaucht, bis ſo viel Glas daran hängen geblieben iſt, als der zu formende Gegenſtand erfordert; dann wird durch das Mundſtück *a* Luft eingeblaſen und dadurch die zähe Glasmaſſe kugelförmig aufgetrieben, wie Fig. 225 zeigt. Wird das Glas durch Abkühlung zu hart, ſo hält man es wieder in den Ofen, bis es gehörig erweicht iſt, und bläſt es abermals auf bis zur gehörigen Weite. So weit wäre das Glasblaſen eine einfache Sache, aber mit der kugelförmigen Auftreibung iſt eigentlich auch nur der Anfang gewonnen; das weitere Formen beruht auf ſehr eigenthümlichen Handgriffen, auf Schwenkungen und Drehungen, Anhalten von Stäben und dergleichen, die ſich ohne Weitläufigkeit nicht gut beſchreiben laſſen und deren Ausübung einen hohen Grad von Uebung erfordert. Das geformte Glas wird in einem beſonderen Ofen wieder ſo weit erhitzt, als es ohne Erweichung möglich iſt, und langſam abkühlen gelaſſen. Nur ſo erhält es die für den Gebrauch nöthige Elaſticität. Raſch gekühltes Glas hat eine ſo ungleiche Spannung und iſt ſo ſpröde, daß ein Ritzen der Oberfläche nicht ſelten gänzliches Zerſplittern veranlaßt.

Fig. 224.

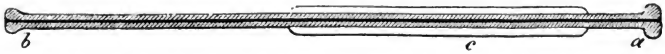


Fig. 225.

Zu hoch darf jedoch die Temperatur des Kühlofens nicht sein, wenn sich das Glas nicht entmischen und ein krystallinisches Gefüge annehmen soll. Auch das beste Glas erträgt jedoch weder einen einseitigen starken Druck, noch eine ungleiche oder plötzliche Erwärmung.

Durch Zusatz von Metalloxyden kann das Glas leicht und fast in jedem beliebigen Tone gefärbt werden. Fast alle Glassätze sind durch Eisenoxydul, welches theils durch den Sand, theils durch den Kalk in den Glassatz geräth, grün gefärbt. Bei gemeiner Waare schadet dies nichts, feinere soll farblos sein. Man entfärbt dann durch oxydirende Stoffe, wie Braunstein. Das Eisen färbt nämlich intensiv nur im Zustande des Oxyduls, das Mangan nur als höheres Oxyd. Ein durch Eisenoxydul gefärbter Glassatz wird daher durch einen gehörigen Zusatz von Braunstein entfärbt, indem das Eisenoxydul vom Braunstein, d. i. Manganhyperoxyd, soviel Sauerstoff empfängt, daß es in Oxyd übergeführt wird, während das letzte sich zu nicht färbendem Oxydul reducirt. Häufig ist fein vertheilte Kohle die Ursache einer braunen Färbung, und diese wird ebenfalls durch oxydirende Zusätze vernichtet.

Calcium und Schwefel. Die Verbindungen des Calciums mit dem Schwefel entstehen auf mannichfaltige Weise. Einfach-Schwefelcalcium bildet sich, wenn man über glühende Kalkerde Schwefelwasserstoffgas leitet. Dasselbe ist ferner das Desoxydationsproduct des neutralen schwefelsauren Kalkes beim Glühen mit $\frac{1}{3}$ Kohle. Es besteht aus: §. 246.

Calcium . .	100
Schwefel . .	80.

Es ist röthlich oder gelblich weiß, zerreiblich, selbst in der Weißglühhitze unschmelzbar, im Wasser sehr wenig löslich. Kocht man es mit Wasser, so zersetzt es sich langsam. Kalkerdehydrat bleibt zurück und Doppelt-Schwefelcalcium oder richtiger Schwefelcalcium-Schwefelwasserstoff, eine Verbindung von:

Calcium . .	100
Wasserstoff .	5
Schwefel . .	160,

oder von:

Schwefelcalcium .	180
Schwefelwasserstoff	85,

welche auch entsteht, wenn man Schwefelwasserstoff durch Kalkmich leitet. Diese Schwefelverbindung besteht nur als Auflösung. Fünffach-Schwefelcalcium, bestehend aus:

Calcium . .	100
Schwefel . .	400

Digitized by Google

entſteht als rothgelbe Flüſſigkeit, wenn Einfach-Schwefelcalcium in Waſſer vertheilt und mit Schwefel gekocht wird.

Gipswäſſer, welche durch Moorboden ſickern, oder überhaupt längere Zeit mit verweſenden organiſchen Subſtanzen in Berührung bleiben, werden zu Schwefelcalciumlöſungen reducirt.

§. 247. **Calcium und Chlor.** Chlorcalcium bildet ſich ſehr leicht, wenn Kalk in Salzſäure aufgelöſt wird, und wird ſehr häufig als Nebenproduct in chemiſchen Fabriken gewonnen, z. B. bei der Bereitung der Ammoniakflüſſigkeit (vergl. §. 144) und des kohlenſauren Ammoniaks (vergl. §. 230).

Das Chlorcalcium iſt ſehr leicht in Waſſer löslich; die Auflöſung ſchmeckt bitter und herbe. Dampft man ſie ab, ſo erhält man Kryſtalle von waſſerhaltigem Chlorcalcium, beſtehend aus:

Calcium . .	100
Chlor . . .	177
Waſſer . . .	54.

Dieſe Kryſtalle ſchmelzen ſchon unter dem Siedepunkte des Waſſers und verlieren, noch nicht bis zum Glühen erhitzt, unter ſtarkem Aufbrauſen alles Waſſer. Das geſchmolzene, waſſerleere Chlorcalcium iſt durchſcheinend und hat einen kryſtalliniſchen Bruch. Beim Glühen an der Luft zerſetzt es ſich etwas, indem ein kleiner Theil des Calciums oxydirt wird.

Die waſſerhaltigen Kryſtalle des Chlorcalciums löſen ſich in Waſſer unter Kälteentwickelung, die waſſerleere Verbindung unter beträchtlicher Wärmeentwickelung; beide zerfließen an der Luft und entziehen anderen Stoffen, beſonders den Gaſen, ihren Waſſergehalt. 100 Theile gepulvertes Chlorcalcium nehmen aus einer mit Waſſerdampf geſättigten Luft nach und nach 124 Theile Waſſer auf, viel mehr, als zum Zerfließen nöthig war.

§. 248 **Verbreitung des Calciums.** Das Calcium iſt, wie ſich aus dem Vorhergehenden ergiebt, ein ſehr verbreitetes Element, kommt aber, wie die leicht oxydirbaren Metalle überhaupt, nie iſolirt vor. Sein Oxyd, die Kalkerde, gehört zu den gewöhnlichſten Beſtandtheilen der Geſteine und findet ſich auch im Pflanzen- wie im Thierreiche häufig.

Digitized by Google

21. Strontium.

Besonders zwei Mineralien, der Cölestin und Strontianit, enthalten eine Basis, welche der Kalkerde sehr ähnlich, aber im Vergleich mit ihr sehr selten ist, die Strontianerde. §. 249.

Der Strontianit ist kohlensaure Strontianerde und hat fast ganz dieselben Eigenschaften, wie der Kalk. In starkem Essenfeuer verliert er die Kohlensäure und hinterläßt eine grauweiße, poröse Masse von Strontianerde. Diese nimmt, wie die Kalkerde, Hydratwasser auf, wenn man sie mit Wasser begießt, und verliert es wieder in der Glühhitze. Das Strontianerdehydrat ist in Wasser leichter löslich, als das Kalkerdehydrat. Die Auflösung hat ätzende Eigenschaften.

Der Cölestin, der viel häufiger vorkommt, als der Strontianit, ist wasserfreie schwefelsaure Strontianerde. Diese unterscheidet sich vom Anhydrit (vergl. §. 241) dadurch, daß sie sich noch viel schwerer in Wasser auflöst, nämlich bei gewöhnlicher Temperatur 1 Theil erst in nahe 7000 Theilen. In Säuren ist sie löslich. Sie ist das gewöhnliche Material für die Darstellung der Strontianerdeverbindungen, und dabei ist ihre leichte Reducirbarkeit durch Kohle von besonderem Vortheile. Man formt gewöhnlich aus 3 Theilen Cölestin- und 1 Theile Kohlenpulver, denen man Mehlkleister zugesetzt hat, Stangen, trocknet sie und glüht sie aus. Das nach gehörigem Glühen zurückgebliebene Schwefelstrontium ist weiß und zerreiblich. Man übergießt es mit der Säure, deren Strontianerdesalz man darstellen will; dieses bildet sich, während Schwefelwasserstoffgas entweicht. Das gewöhnlichste Salz ist die salpetersaure Strontianerde, welche zum Rothfärben der Feuerwerkssätze benutzt wird. Ein prachtvolles Purpurroth erhält man, wenn man 40 Theile chlorsaures Kali und 30 Theile Schwefel mit 76 Theilen völlig trockener salpetersaurer Strontianerde innig mengt und das Gemenge entzündet. Auch in der Spiritusflamme verflüchtigt sich die Strontianerde etwas und färbt sie purpurroth.

Die Strontianerde ist das Oxyd eines dem Calcium sehr ähnlichen Metalls, des Strontiums; sie besteht aus:

Strontium . .	85
Sauerstoff . .	15.

Digitized by Google

22. Baryum.

§. 250. **Schwerspath. — Schwefelsaure Baryterde.** Der Schwerspath oder Baryt ist ein in den älteren Gebirgsarten nicht selten vorkommendes Mineral. Er enthält an Schwefelsäure gebunden eine Basis, die Baryterde, welche mit der Kalkerde und Strontianerde sehr nahe verwandt ist, unterscheidet sich aber von den entsprechenden Kalkerde- und Strontianerdesalzen sehr bestimmt durch seine ungemeine Schwerlöslichkeit. Von kaltem Wasser braucht er zur Lösung die 43000fache Menge und von heißem Wasser und Säuren nicht viel weniger, so daß man ihn in der Praxis für völlig unlöslich anzusehen berechtigt ist; nur in Vitriolöl löst er sich leicht auf. Er besteht aus:

Baryterde . .	66
Schwefelsäure .	34.

Dieselbe Verbindung bildet sich daher auch stets, und zwar als äußerst feines, weißes Pulver, wenn gewöhnliche Schwefelsäure zu einer barytherdehaltigen Lösung zugesetzt wird.

Durch Kohle wird die schwefelsaure Baryterde in der Rothglühhitze leicht zu Schwefelbaryum reducirt; da aber die Masse nicht schmilzt, so muß sie auf das Feinste gepulvert und sehr innig gemengt sein. Das Schwefelbaryum ist weiß; es entwickelt, mit wässerigen Säuren übergossen, Schwefelwasserstoffgas unter Bildung von Barytersalzen, die auch gewöhnlich auf diese Weise aus Baryt dargestellt werden. Die meisten derselben sind in Wasser gar nicht oder schwer löslich, aber alle, mit Ausnahme der schwefelsauren Baryterde, lösen sich in Salpetersäure oder Salzsäure.

§. 251. **Kohlensaure Baryterde.** Durch eine Lösung von kohlensaurem Natron oder Kali wird die fein vertheilte schwefelsaure Baryterde nach und nach zersetzt, aber nur in der Siedehitze, indem sich durch doppelte Wahlverwandtschaft schwefelsaures Natron oder Kali bildet, und kohlensaure Baryterde. Das erste bleibt gelöst, die andere scheidet sich als weißes Pulver aus, da sie in Wasser fast ebenso schwer löslich ist, als die kohlensaure Strontianerde. Dieselbe Verbindung findet sich im Mineralreiche als Witherit. Sie besteht aus:

Baryterde . .	78
Kohlensäure . .	22.

Trotz ihrer fast völligen Unlöslichkeit in Wasser wirkt sie dennoch giftig.

Die kohlensaure Baryterde verliert ihre Kohlensäure nur im heftigsten Essenfeuer, schwerer, als die entsprechenden Kalkerde- und Strontianerde-

Digitized by Google

salze. Nach dem Glühen hinterbleibt die Baryterde als graue zerreibliche Masse, welche sehr begierig und unter beträchtlicher Wärmeentwickelung Wasser aufnimmt und sich besonders in der Wärme sehr leicht darin auflöst. Die Auflösung hat ätzende und auch, abgesehen davon, giftige Eigenschaften. Aus der heiß gesättigten Auflösung krystallisirt zuerst Barythydrat mit 55,6 % Krystallwasser, in welchem die Krystalle schmelzen, wenn sie bis auf 100° C. erhitzt werden. Nach dem Glühen bleibt eine geschmolzene Masse von Baryterdehydrat, bestehend aus:

Baryterde . .	89,5
Wasser . . .	10,5.

Dieses verliert auch im schärfsten Feuer sein Wasser nicht, zeigt also in dieser Beziehung ein mit den Alkalien übereinstimmendes Verhalten.

Das Metall, dessen Oxyd die Baryterde ist, das Baryum, steht in seinen Eigenschaften dem Calcium sehr nahe. Die Baryterde besteht aus;

Baryum . .	90
Sauerstoff . .	10.

Alkalische Erden. Die Kalkerde, Strontianerde und Baryterde werden die alkalischen Erden genannt. Sie bilden, wie die Alkalien, eine wohl begrenzte Gruppe von Oxyden. Die Merkmale, welche sie mit einander gemeinschaftlich haben und wodurch sie zugleich von anderen Oxyden unterschieden werden, sind die folgenden. §. 252.

Sie sind unschmelzbar und feuerbeständig. Mit Wasser befeuchtet, erhitzen sie sich und gehen in Hydrate über; in einer größeren Menge Wasser lösen sie sich auf. Ihre Auflösungen verhalten sich gegen Pflanzenfarben, wie die Alkalien, mit Curcumatinctur gelb gefärbtes Papier bräunen sie; an der Luft trüben sie sich, indem sie Kohlensäure anziehen.

Die Metalle der alkalischen Erden sind silberweiß, weich und dichter, als Vitriolöl, dessen Dichte 1,9 ist; in der Rothglühhitze schmelzen sie, fangen aber erst in der Weißgluth an zu verdampfen; sie oxydiren sich sehr leicht schon bei gewöhnlicher Temperatur, auch entziehen sie dem Wasser seinen Sauerstoff unter Entwickelung von Wasserstoffgas.

---

23. Magnesium.

Talkerde. Die meisten Kalkarten enthalten neben der Kalkerde mehr oder weniger von einer zweiten Base, welche beim Brennen zwar ebenfalls ihre Kohlensäure verliert und nachher, mit Wasser übergossen, sich in Hydrat verwandelt, aber doch schon dadurch von der Kalkerde verschieden ist, daß sie sich im Wasser fast gar nicht löst. Sie heißt Talkerde, §. 253.

Digitized by Google

Bittererde oder Magnesia, und kommt fast stets neben der Kalkerde vor, jedoch gewöhnlich in geringerer Menge. In den Organismus, in den pflanzlichen sowohl, wie in den thierischen, wird dieselbe reichlich aufgenommen.

Aus reiner kohlensaurer Talkerde durch gelindes, aber anhaltendes Glühen gewonnen, erscheint die Talkerde als ein feines weißes Pulver, welches nur im stärksten Essenfeuer zu einer porzellanartigen Masse schmilzt. Wenn sie mit Wasser befeuchtet wird, erwärmt sie sich nur sehr schwach und nimmt Hydratwasser auf. Das Talkerdehydrat ist weiß; es besteht aus:

Talkerde . .	69
Wasser	31.

Noch unter der Glühhitze verliert es sein Wasser.

Etwa 55000 Theile Wasser lösen erst einen Theil Talkerde auf, die man deshalb für unlöslich ansehen darf.

Die Talkerde ist eine kräftige Salzbasis, wenn auch eine schwächere, als die Alkalien und alkalischen Erden. Die meisten Talkerdesalze lösen sich in Wasser auf und zwar leicht, die Auflösungen schmecken widrig bitter.

§. 254. **Talkerde und Kohlensäure.** Die wichtigste Verbindung der Talkerde und der Kohlensäure ist das neutrale Salz, welches als Talkspath oder Bitterspath natürlich vorkommt, mit kohlensaurer Kalkerde ungefähr zu gleichen Theilen gemengt, die Dolomite bildet, aber auch im gewöhnlichen Kalke als Beimengung selten fehlt. Es ist im Wasser nicht mehr löslich, als der Kalk, wenigstens nicht, ohne sich zu zersetzen. Es besteht aus:

Talkerde . .	48
Kohlensäure .	52.

In kohlensäurehaltigem Wasser löst es sich auf; die gesättigte Auflösung enthält genau doppelt so viel Kohlensäure auf dieselbe Menge Talkerde, als das neutrale Salz, also ein saures Salz; sie schmeckt bitterlich; bei langsamer Verdunstung setzt sie Krystalle ab von wasserhaltigem neutralen Salze. War die Temperatur eine gewöhnliche, so enthalten die Krystalle

neutrale kohlensaure Talkerde	100
Wasser	52.

War hingegen die Temperatur eine niedrige, so sind die Krystalle zusammengesetzt aus

neutraler kohlensaurer Talkerde	100
Wasser	87.

Die letzten Krystalle verwittern, und nehmen dabei die Zusammensetzung der ersten an. Beide werden durch Kochen mit Wasser zersetzt in basische

Digitized by Google

kohlensaure Salze, deren es mehrere giebt, und in Kohlensäure, welche entweicht. Von kaltem Wasser werden die Krystalle des ersten Salzes so zersetzt, daß saures Salz sich löst und basisches zurückbleibt. Die Lösung des sauren Salzes trübt sich in der Wärme von ausgeschiedenem basischen Salze; auch unter dem Recipienten der Luftpumpe bei gewöhnlicher Temperatur abgedampft, entweicht die Hälfte der Kohlensäure, und nur neutrales Salz bleibt als trockener Rückstand.

Talkerde und Salpetersäure. Die salpetersaure Talkerde §. 255.
gehört zu den gewöhnlichen Bestandtheilen der Salpetererden. Sie läßt sich sehr schwer vollständig entwässern, ohne zugleich Salpetersäure zu verlieren.

Talkerde und Schwefelsäure. Die neutrale schwefelsaure §. 256.
Talkerde, das sogenannte Bittersalz, findet sich aufgelöst in den bitteren Mineralwässern, z. B. in denen von Saidschütz und Püllna, in den Salzsoolen und im Meerwasser, mitunter auch ausgeblüht an Mauern und Gesteinen.

Man erhält es durch Abdampfen der Bitterwässer bis zur Krystallisation oder aus den Mutterlaugen der Salzsoolen und Seesalzsiedereien.

Das gewöhnliche reine Bittersalz, wie es aus einer concentrirten Lösung auskrystallisirt, erscheint in wasserhellen, bei gewöhnlicher Temperatur luftbeständigen Nadeln, welche bestehen aus:

Talkerde . .	16
Schwefelsäure .	33
Wasser . . .	51.

Dieses Salz löst sich sehr leicht in Wasser, bei gewöhnlicher Temperatur bedarf es davon die etwa vierfache Menge. In der Wärme verliert es Wasser und wird undurchsichtig; bei 41°,6 R. oder 52° C. entweicht $\frac{1}{7}$ seines Wassergehaltes, bei 100° C. nahe $\frac{5}{7}$ und bei 132° C. $\frac{6}{7}$. In mäßiger Glühhitze wird alles Wasser ausgetrieben, ohne daß zugleich Schwefelsäure entweicht. Das geglühte, d. h. wasserleere, Salz erhitzt sich stark, wenn es mit Wasser übergossen wird, und zerfällt zu einem zarten Pulver, löst sich aber nur langsam auf.

Eine gesättigte Bittersalzlösung, unter 0° erkaltet, zerfällt in Eis und in Krystalle, welche fast doppelt so viel Krystallwasser enthalten, als das gewöhnliche.

Die Auflösung des Bittersalzes schmeckt im höchsten Grade bitter und wird, wie das Glaubersalz, in der Medicin häufig als Abführungsmittel angewendet.

Talkerde und Phosphorsäure. Das neutrale Talkerdesalz §. 257.
der gewöhnlichen oder cPhosphorsäure findet sich neben der phosphorsauren Kalkerde in pflanzlichen und thierischen Theilen, namentlich in den Knochen und in den Getreidesamen. Es ist in Wasser unlös-

Digitized by Google

lich, löst sich aber in den Säuren, auch nachdem es in der Weißgluth zu einem klaren Glase von der Zusammensetzung:

Talkerde . .	46
Phosphorsäure	54

zusammengeschmolzen ist.

Die Talkerde hat eine große Neigung, mit dem Ammoniak ein phosphorsaures Doppelsalz zu bilden. Dieses entsteht von gleicher Zusammensetzung aus allen Lösungen, in welchen Talkerde, Ammoniak und Phosphorsäure zusammentreffen. Es ist ein feinkörniges weißes Krystallpulver, welches besteht aus:

Talkerde	27,7
Ammoniumoxyd . .	17,4
Phosphorsäure . .	47,7
Wasser	7,2.

Der Luft ausgesetzt, verliert es schon bei gewöhnlicher Temperatur Ammoniak; bei stärkerem Erhitzen verdampft alles Ammoniak und Wasser, und der Rückstand geht unter Erglimmen in pyrophosphorsaures Salz über, zusammengesetzt aus:

Talkerde	36,6
Phosphorsäure . .	63,4.

Das Doppelsalz ist in Wasser, besonders Ammoniak enthaltendem, fast unlöslich; 1 Theil davon löst sich in etwa 15000 reinem, und in 45000 Ammoniak enthaltendem Wasser. In Säuren dagegen löst es sich sehr leicht.

Dieses Doppelsalz findet sich häufig als Ausscheidung aus thierischen Flüssigkeiten; es setzt sich reichlich aus dem faulenden Harne ab.

§. 258. **Talkerde und Kieselsäure.** Die Silicate der Talkerde sind unter den Mineralien sehr häufig; ihre Eigenschaften sind im Allgemeinen die der Kalkerdesilicate, denen sie auch sehr häufig beigesellt sind. Das verbreitetste Talkerdesilicat ist der Talk, welcher im Talkschiefer als selbstständige Gebirgsmasse auftritt. Viele Talkerdesilicate sind wasserhaltig und dann leicht zersetzbar; dahin gehören Olivin, Serpentin und Meerschaum.

§. 259. **Chlormagnesium.** Löst man kohlensaure Talkerde in Salzsäure auf, so erhält man eine Auflösung von Chlormagnesium, aus welcher durch Verdampfen wasserhaltige Krystalle gewonnen werden von der Zusammensetzung:

Magnesium . .	12
Chlor	35
Wasser . . .	53.

Diese Krystalle zerfließen an der Luft; in der Hitze (bei etwa 119° C.)

Digitized by Google

schmelzen sie, verlieren Wasser, aber zugleich auch Salzsäure, so daß zuletzt nur Talkerde übrig bleibt. In Wasser lösen sie sich sehr leicht; die Auflösung schmeckt scharf bitter.

Wasserleeres Chlormagnesium wird erhalten, wenn man Chlorgas über glühende Talkerde leitet; dasselbe ist farblos und leicht schmelzbar; die Glühhitze verträgt es nur in trockener Luft, ohne sich zu zersetzen.

Das Chlormagnesium findet sich aufgelöst in dem Meerwasser und in allen Salzsoolen.

Magnesium. Läßt man Kaliumdampf über wasserleeres Chlormagnesium streichen, welches man in einer Glasröhre schwach glüht, so wird dem Magnesium das Chlor entzogen, unter Abscheidung von Magnesiummetall und Bildung von Chlorkalium. Aus dem Gemenge läßt sich das Chlorkalium durch Wasser auswaschen; das Magnesium bleibt als ein silberweißes, glänzendes, dehnbares und leicht schmelzbares Metall zurück, welches sich an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur nur sehr langsam, in der Hitze leichter oxydirt. Auf das Wasser wirkt es nicht zersetzend, wie die bisher abgehandelten Metalle. §. 260.

---

24. Aluminium.

Thon. Unter den Massen, welche die Schichten des Flötzgebirges bilden, treten Thone sehr häufig auf, theils rein als plastische Thone, theils gemengt mit Kalk, Quarzsand und Eisenoxyd als Lehm und Mergel. Die reinen Thonarten sind weiß oder graulich weiß; im trockenen Zustande sind sie leicht zerreiblich und fühlen sich fettig an. Beim Anhauchen geben sie den bekannten Thongeruch. An der Zunge hängen sie stark an und saugen Wasser sehr begierig ein. In vielem Wasser zerfallen sie nicht zu einem schweren Pulver, sondern schwemmen sich sehr vollkommen auf; von wenigem Wasser durchdrungen, stellen sie eine formbare klebrige Masse dar. Formen, welche aus nassem Thone dargestellt sind, erhalten sich auch nach dem Trocknen, ziehen sich aber nach allen Richtungen zusammen, sie schwinden. Getrocknet und selbst bis 100° C. erhitzt, verliert jedoch der Thon nicht alles Wasser, sondern hält eine gewisse Menge davon chemisch gebunden bis zur Glühhitze zurück. Der schwach geglühte Thon ist zwar noch immer zerreiblich und porös, er saugt aber Wasser blos durch Capillarität auf, ohne darin zu zerweichen. Je stärker die Glühhitze war, desto härter, dichter und klingender wird er; er sintert zusammen und wird zuletzt weich, kann aber auch in dem stärksten Essenfeuer nicht in einen eigentlichen Fluß gebracht werden. Auch während des §. 261.

Digitized by Google

Glühens tritt eine Schwindung ein. Trocknet man feuchten Thon zu rasch aus, oder bringt man lufttrockenen Thon zu rasch in die Glühhitze, so erhält er Risse und zerspringt.

Von Salzsäure und Salpetersäure wird der reine Thon nicht angegriffen; concentrirte Schwefelsäure damit abgedampft und bis zur Verflüchtigung erhitzt, zersetzt ihn aber auch dann noch, wenn er eben nicht weiter erhitzt wurde, als nöthig war, um seinen Wassergehalt zu entfernen, jedoch nicht mehr nach längerem Glühen. Die trockene Masse wird in Wasser aufgelöst, mit Hinterlassung von Kieselgallerte. Setzt man der Auflösung etwas Kali zu und läßt sie zur Krystallisation verdunsten, so erhält man das unter dem Namen Alaun bekannte Salz, welches neben dem Kali noch eine zweite Basis enthält, die Alaunerde oder Thonerde. Der reine Thon ist also jedenfalls ein wasserhaltiges kieselsaures Thonerdesalz, ein Thonerdesilicathydrat; seine Zusammensetzung ist:

Thonerde . .	39
Kieselerde . .	47
Wasser . . .	14.

Diese Zusammensetzung zeigen jedoch auch die reinsten Thone, wie Porzellanthon oder Kaolin, nicht, wenn man sie als Ganzes untersucht, und können sie nach der Art ihrer Entstehung nicht zeigen. Sie sind nämlich nicht ursprünglich als Thone gebildet, sondern aus anderen Mineralien, den Feldspathen, durch Verwitterung entstanden. Die Verwitterung geht aber nie ganz gleichmäßig vor sich; während in einer Masse ein Theil schon vollständig zu Thon geworden ist, befindet sich ein anderer Theil noch im Zustande des Feldspathes. Die Feldspathe bilden ferner auch nicht für sich Gebirgsmassen, sondern sind darin mit anderen Mineralien, namentlich mit Quarz, gemengt; diese bleiben im fein zertheilten Zustande der verwitterten Feldspathmasse beigemengt. Endlich sind die reinsten Thone nicht an den Orten entstanden, wo wir sie jetzt finden, sondern dahin verschwemmt und mit anderen im Wasser theils aufgelösten, theils suspendirten Massen gemengt als Schlamm abgesetzt worden. Je mehr Fremdartiges, besonders Quarzsand, ein Thon beigemengt enthält, desto mehr verliert er an Bildsamkeit, er wird mager; durch Kalkgehalt wird er schmelzbar; auch bei einem schwachen Eisengehalte nimmt er nach dem Glühen rothgelbe oder blauliche Farben an.

§. 262. **Thonwaaren.** Der Thon ist für die Technik von der größten Bedeutung, denn er ist das Material zugleich der gewöhnlichsten und unentbehrlichsten Gefäße und der schönsten und feinsten Luxusgegenstände, von den Kochtöpfen bis zu den Porzellangeräthen. Außerdem liefert er auch in den Ziegeln ein vorzügliches und in vielen Gegenden das einzige dauerhafte Baumaterial.

Digitized by Google

Das Porzellan ist vor noch nicht anderthalb Jahrhunderten von einem Apotheker Böttticher in Sachsen erfunden worden, dessen eigentliche Absicht, Gold zu machen, auf diese Weise mittelbar erreicht wurde. Die Chinesen kannten es aber schon seit unvordenklichen Zeiten. Es ist eine sehr harte, auf dem Bruch feinkörnige, klingende, weiße, an den Kanten durchscheinende Masse, deren Oberfläche mit einem durchsichtigen Ueberzuge von sehr schwer schmelzbarem Kali-Thonerdeglas versehen ist, und welche Temperaturwechsel unterhalb des Siedepunktes ziemlich gut verträgt. Seine Dichte ist im Durchschnitte 2,5.

Das Material der Porzellanfabrication ist der Porzellanthon oder Kaolin, ein sehr reiner Thon, dem weder Eisen, noch Kalk beigemengt ist, sondern nur Kieselerde und noch unzerstörter Feldspath. Der Kaolin für sich würde aber nach dem Brennen eine poröse und undurchsichtige Masse geben. Gleichartigkeit und Durchscheinenheit erhält das Porzellan durch den zugesetzten Fluß, wozu gewöhnlich Feldspath dient, mit oder ohne Zusatz von Quarz, Kreide, oder Gips. Dieser Fluß erweicht in der Hitze des Porzellanofens, indem er selbst schon eine schmelzbare Masse ist, oder mit der Kieselerde des Kaolins eine solche erzeugt, welche alle Poren ausfüllt und die einzelnen Kaolintheile verkittet. Kaolin und Fluß werden auf's Feinste zertheilt, geschlämmt und dann innig gemengt. Im nassen Zustande stellen sie eine bildsame Masse dar, welche gewöhnlich auf der Töpferscheibe geformt wird. Nach dem Formen läßt man sie langsam im Schatten austrocknen und brennt sie dann zum ersten Male so weit, daß sie zusammensintert und fest wird, aber ihre Porosität nicht verliert; man verglüht sie. Sie führt in diesem Zustande den Namen Biscouit. Um ihr die Glasur zu geben, schlämmt man Feldspathpulver in Wasser auf, und taucht die verglühte Waare in dieses Wasser. Nach dem Verdunsten des Wassers ist die Glasurmasse an der Oberfläche gleichmäßig vertheilt hängen geblieben. Durch ein zweites stärkeres Brennen wird sie aufgeschmolzen und überzieht dann die Oberfläche mit einer glatten glänzenden Schicht; zugleich wird durch das zweite Brennen die Porzellanmasse selbst bis zum Erweichen des Flusses erhitzt.

Soll das fertige Porzellan bemalt werden, so trägt man durch Metalloxyd gefärbte Gläser, gepulvert und mit Terpenthinöl angerieben, mit dem Pinsel auf und brennt das Porzellan nochmals so weit, daß das aufgetragene Glas anschmilzt.

Dem Porzellan am nächsten steht das feine englische Steinzeug, nach dem vorzüglichsten Ausbilder seiner Fabrication Wedgwood genannt. Es ist, wie das Porzellan, hart, gleichartig klingend, auf dem Bruch feinkörnig und zeigt Spuren einer begonnenen Schmelzung; allein es ist nicht durchscheinend. Häufig hat es keine Glasur, gewöhnlich ist es in

Digitized by Google

Maſſe gefärbt. Die Materialien, aus denen es gemacht wird, ſind Kaolin und plaſtiſcher Thon, dem als Flußmittel noch ein zerfallenener Granit, alſo Feldſpath und Quarz, zugeſetzt wird. In den bekannten braunen und eiſenſchwarzen Geräthen iſt jedoch das Flußmittel durch Ocher und Braunſtein erſetzt. Raſchen Temperaturwechſel verträgt das feine Steinzeug weniger gut, als das Porzellan; es reißt leichter.

Zu dem gemeinen Steinzeug wird nur eine Miſchung von Thon und Quarz genommen, welche in der Regel weniger gut durchgearbeitet, namentlich nicht geſchlämmt iſt. Daſſelbe hat die Eigenſchaften des feinen Steinzeugs, nur ſind ſeine Formen nicht ſo rein, auch iſt es immer gefärbt in's Röthliche, Gelbliche oder Blauliche. Glaſirt wird es gewöhnlich auf eine höchſt einfache Weiſe, indem man gegen das Ende des Brennens, wenn der Ofen gehörig glüht, wiederholt Kochſalz einſtreut. Dieſes verdampft (vergl. S. 308), und ſeine Dämpfe zerſetzen ſich, wenn ſie die Oberfläche des Steinzeugs treffen, unter Mitwirkung des Waſſerdampfes, den die Flamme mit ſich führt. Es bildet ſich Salzſäure und ein leichtflüſſiges Natronſilicat als dünner, aber ſehr feſter Ueberzug.

Einen Uebergang zu dem bekannten gemeinen Töpferzeug bildet die Fayence, welche aus einer ziemlich harten, aber poröſen, auf dem Bruch erdigen, wenig klingenden und undurchſichtigen Maſſe beſteht und entweder mit einem leicht ſchmelzbaren, bleihaltigen Kryſtallglas (vergl. §. 245) glaſirt iſt, oder mit einem undurchſichtigen blei- und zinnhaltigen glasartigen Fluß, dem Email. Die geformte Fayence wird zuerſt ohne Glaſur gebrannt und dann mit der Glaſur nochmals, aber ſchwächer. Ueberhaupt iſt die Hitze während des Brennens viel geringer, als bei Porzellan und Steinzeug. Die Fayence leidet beſonders an dem Fehler, daß die dick aufgetragene Glaſur und die Maſſe nicht feſt genug an einander haften und daß ſie durch die Wärme bei der Ungleichheit ihrer Beſtandtheile ſehr ungleichmäßig ausgedehnt werden. Die Fayencegeſchirre bekommen deshalb, ſobald ſie erwärmt werden, feine Riſſe, durch welche ſich Flüſſigkeiten in die Maſſe hineinziehen und Flecken verurſachen, ſo daß eine vollſtändige Reinigung nicht mehr möglich iſt.

Das gemeine Töpferzeug iſt einestheils bekannt genug, um hier beſchrieben zu werden, anderntheils nach dem verwandten Material in den verſchiedenen Gegenden ſehr ungleich. Es wird aus Thon gemacht, aus dem man nur die größeren Steinbrocken ausliest, der aber in der Regel ziemlich kalkhaltig iſt, daher durchaus keine hohe Temperatur vertragen kann, ohne zu ſchmelzen. Seine Oberfläche erhält eine leicht flüſſige, in der Regel bleihaltige Glaſur.

Porzellan und Steinzeug werden von Säuren und Alkalien wenig, aber doch mehr, als Glas, angegriffen; die bleihaltigen Glaſuren der

Digitized by Google

Fayence widerstehen den Säuren minder gut, diejenige des gemeinen Töpferzeuges nicht einmal der Essigsäure, welche doch so häufig als Zusatz zu den Speisen kommt; indessen ist die Menge des auf diese Weise den Speisen beigemengten Bleies nie beträchtlich genug, um eine nachtheilige Wirkung auf die Gesundheit ausüben zu können. Die Masse des Töpferzeugs enthält in der Regel so viel kohlensaure Kalkerde, daß sie mit Säuren stark aufbraust.

Backsteine und Dachziegeln werden aus Lehm gemacht. Wegen der Wohlfeilheit der Waare kann der Lehm nicht bis zur völligen Gleichartigkeit durchgearbeitet werden; man knetet ihn mit Wasser an, drückt ihn in Formen, trocknet und brennt ihn. Das Brennen erfordert große Vorsicht, da der gewöhnlich kalkreiche Lehm leicht erweicht und unregelmäßig zusammensintert. Für Wasserbauten werden jedoch die Lehmsteine absichtlich bis zum Glasigwerden erhitzt, damit sie nicht, wie die gewöhnlichen Backsteine, Wasser einsaugen.

Ganz feuerfeste Massen, wie sie zu den Schmelztiegeln und zu den Einsatzgefäßen der Porzellanfabriken gebraucht werden, erhält man aus kalkarmem plastischen Thon und Sand, mit oder ohne Zusatz von gepulverten, schon einmal gebrannten Scherben derselben Mischung. Leider erhalten Gefäße aus diesem Satze nie eine glatte und dichte Beschaffenheit.

Es würde uns hier zu weit führen, wenn wir eine Beschreibung der Brennöfen für die verschiedenen Thonwaaren geben wollten. Alle Brennöfen sind Flammöfen; die zu brennenden Gegenstände stehen in der Flamme selbst; Porzellan und feines Steinzeug vertragen aber die unmittelbare Berührung mit der Flamme nicht ohne Schaden, sie werden deshalb in Kapseln aus feuerfestem Thone eingesetzt. Backsteine und Ziegelsteine können auch nach Art der Meiler aufgebaut und, mit Lehm überdeckt, im Freien gebrannt werden.

Thonerde. Kocht man reinen Thon anhaltend mit concentrirter §. 263.
Schwefelsäure, so erhält man nach S. 336 eine Auflösung von schwefelsaurer Thonerde, die man sich indessen leichter durch Auflösung des gewöhnlichen Alauns verschaffen kann. Aus dieser Auflösung wird durch zugesetzte Ammoniakflüssigkeit eine schwammige bis gallertartige, weiße oder vielmehr farblose Ausscheidung erzeugt, welche auf einem Filter gesammelt und durch aufgegossenes Wasser von der anhängenden Flüssigkeit befreit, bald zu einer weißen, undurchsichtigen, lockeren, zerreiblichen, bald zu einer durchscheinenden, zusammenhängenden Masse eintrocknet. Die Zusammensetzung dieser Masse ist:

Thonerde . .	66
Wasser . . .	34;

sie ist das gewöhnliche Thonerdehydrat. In der Glühhitze wird das

Digitized by Google

Wasser unter bedeutender Volumsverminderung ausgetrieben. Die nach schwachem Glühen zurückgebliebene reine Thonerde ist weiß und locker, backt aber bei fortgesetztem stärkeren Glühen zusammen und wird so hart, daß sie am Stahle Funken giebt. Sie hat dann die Dichte der natürlich vorkommenden reinen Thonerde erreicht, welche 3,9 bis 4 ist. Die natürlich vorkommende Thonerde gehört zu den Seltenheiten im Mineralreiche. Durchsichtige Krystalle davon, welche häufig durch etwas Eisenoxyd gefärbt sind, finden sich im Schuttland, besonders der Insel Ceylon, die weißen sind bei den Juwelieren unter dem Namen Luchssapphir bekannt, die blauen heißen Sapphire, die rothen Rubine, die gelben orientalische Topase; alle sind wegen ihrer Härte, welche nur derjenigen des Diamantes nachsteht, als Edelsteine sehr geschätzt. Undurchsichtige Krystalle, Corunde, und derbe in anderen Gesteinen eingewachsene Massen, Demantspathe und Schmirgel, sind häufiger; gepulvert dienen sie als Schleifmittel für Diamant und überhaupt sehr harte Substanzen. Die reine Thonerde, die künstlich dargestellte, wie die natürliche, sind sehr schwer schmelzbar.

Das Thonerdehydrat löst sich in den Säuren ziemlich leicht auf. Die durch Glühen daraus erhaltene Thonerde löst sich sehr schwierig; ihr feines Pulver wird langsam von heißer Schwefelsäure und Salzsäure aufgenommen. Die natürlich vorkommende Thonerde ist in Säuren unlöslich. Alle Arten des Vorkommens von Thonerde verbinden sich mit Kali, wenn man sie mit Kalihydrat oder kohlensaurem Kali zusammenglüht, und diese Verbindungen sind in Säuren leicht löslich. Das Thonerdehydrat löst sich in Kalilauge leicht auf.

§. 264. **Thonerdesalze.** Die Thonerde ist eine Salzbasis, aber eine viel schwächere, als die bereits abgehandelten Metalloxyde, sie ist sogar verbindbar mit Kali und anderen starken Basen und verhält sich in diesen Verbindungen, wie ein saurer Bestandtheil. Eine derartige natürlich vorkommende Verbindung von Thonerde und Talkerde ist der als Edelstein geschätzte Spinell.

Die Salze der Thonerde sind in Wasser meistens löslich. Ein kohlensaures Thonerdesalz existirt nicht.

§. 265. **Thonerde und Schwefelsäure. — Alaun.** Die schwefelsaure Thonerde ist ein Salz, welches in der Technik mannichfache Anwendung findet. Sie kommt zwar als Mineral vor, theils rein als Aluminit *), theils

*) Der Aluminit besteht aus:

Thonerde . . .	30
Schwefelsäure . .	23
Wasser	47.

Digitized by Google

mit schwefelsaurem Kali verbunden, als Alaunstein *); allein die meiste wird fabrikmäßig aus den Alaunerzen dargestellt. Die Alaunerze sind sehr zusammengesetzte Gesteine; ihre wesentlichen Bestandtheile sind Thonerdesilicate und Zweifach-Schwefeleisen, zu denen als gewöhnliche und sehr nützliche Begleiter kohlige sogenannte bituminöse Substanzen hinzutreten. Sie finden sich als Alaunerde unter den Schieferthonen, mit denen die Braunkohlen wechsellagern, und als Alaunschiefer häufig und sehr ausgedehnt im Bereiche des Thonschiefergebirges.

Erhitzt man das Alaunerz, so zerfällt zunächst das Zweifach-Schwefeleisen in freien Schwefel und Einfach-Schwefeleisen. Bei Luftzutritt verbrennt der frei gewordene Schwefel zu schwefliger Säure, welche zwar zum Theil entweicht, zum Theil aber mit der Thonerde der Thonerdesilicate des Alaunerzes zu schwefligsaurer Thonerde zusammentritt. Sowohl das Einfach-Schwefeleisen, als auch die schwefligsaure Thonerde oxydiren sich an der Luft, das erste zu schwefelsaurem Eisenoxydul, die andere zu schwefelsaurer Thonerde. Durch eine weitere Erhitzung und Oxydation wird auch ein Theil des schwefelsauren Eisenoxyduls in basisch schwefelsaures Eisenoxyd, welches in Wasser unlöslich ist, zersetzt und in Schwefelsäure, welche wieder schwefelsaure Thonerde bildet.

Um die eben angegebene Zersetzung der Alaunerze zu veranlassen, röstet man sie, indem man sie über einer etwas geneigten, aus Lehm geschlagenen Tenne mit Reisholz oder einem anderen Brennstoffe zu Haufen aufschichtet und in Brand steckt. Je reicher die Erze sind an kohliger Substanz, desto leichter und sicherer läßt sich ihre Entzündung und völlige Röstung bewirken. Viele Erze oxydiren sich so rasch an der Luft und erwärmen sich dabei so sehr, daß sie sich entzünden und ohne eingelegten Brennstoff in Brand gerathen.

Das gehörig geröstete Erz wird ausgelaugt und die Rohlauge eingedampft. Diese enthält stets schwefelsaure Thonerde und schwefelsaures Eisenoxydul neben einander. Ist die Menge des letzten Salzes gering, so nimmt man auf seine Gewinnung keine Rücksicht, sondern dampft ab und scheidet die noch gelöste schwefelsaure Thonerde mechanisch von dem als Schlamm abgesetzten, aus dem schwefelsauren Eisenoxydul entstandenen basisch schwefelsauren Eisenoxyd. Ist hingegen die Menge des schwefelsauren Eisenoxyduls in der Rohlauge verhältnißmäßig groß, so verhütet

*) Der Alaunstein besteht aus:

Thonerde . . .	40
Kali	14
Schwefelsäure . .	36
Wasser	10.

Digitized by Google

man ſeine Zerſetzung durch Oxydation auf die Art, daß man blankes Eiſen in die Siedepfannen einlegt und läßt es zuerſt auskryſtalliſiren.

In beiden Fällen erhält man zuletzt die ſchwefelſaure Thonerde allein in Löſung, welche ſich bei weiterem Abdampfen als perlglänzende ſchuppig-kryſtalliniſche Maſſe mit einem beträchtlichen Waſſergehalte ausſcheidet. Ihre Zuſammenſetzung iſt:

Thonerde . .	15
Schwefelſäure .	36
Waſſer . . .	49.

Sie löſt ſich in der doppelten Menge Waſſers; die Auflöſung ſchmeckt ſauer, herb. In der Hitze bläht ſie ſich auf, verliert zuerſt ihr Waſſer und dann auch die Säure.

Die ſchwefelſaure Thonerde verbindet ſich mit anderen ſchwefelſauren Salzen, namentlich mit denen des Kali's, Natrons und Ammoniaks zu Doppelſalzen, welche unter dem Namen der Alaune bekannt ſind, und viel häufiger, als die ſchwefelſaure Thonerde für ſich Gegenſtand eines Fabrikbetriebes ſind. Da ſie in Waſſer viel ſchwerer löslich ſind, erhält man dieſe Doppelſalze, wenn man ſchwefelſaures Kali, Glauberſalz oder ſchwefelſaures Ammoniak zu einer concentrirten Löſung von ſchwefelſaurer Thonerde zuſetzt, als kleinkörnig-kryſtalliniſche Ausſcheidung, als ſogenanntes Alaunmehl, welches durch nochmaliges Umkryſtalliſiren gereinigt wird.

Am bekannteſten iſt der Kalialaun, welcher beſteht aus:

Kali . . .	9,9
Thonerde . .	11,1
Schwefelſäure	32,8
Waſſer . .	46,2

Gewöhnlich erſcheint er in großen farblos-durchſichtigen oktaëdriſchen Kryſtallen. Zur Auflöſung bedarf er bei gewöhnlicher Temperatur etwa die 12fache Menge Waſſer, bei 40° R. oder 50° C. jedoch nur noch die doppelte und bei 69°,6 R. oder 87° C. ſogar nur 0,06fache. Die Löſung hat einen ſüßlich herben Geſchmack. Bis auf 48° R. oder 60° C. erhitzt, verliert der Alaun drei Viertheile ſeines Waſſergehaltes, den Reſt erſt bei einer der Glühhitze nahen Temperatur, nachdem er bei 73°,6 R. oder 92° C. geſchmolzen iſt. In der Weißglühhitze verdampft auch ein Theil der Schwefelſäure.

§. 266. **Chloraluminium. — Aluminium.** Das Thonerdehydrat löſt ſich, wie in allen Säuren, ſo auch in der Salzſäure auf. Aus der Auflöſung ſcheiden ſich bei langſamer Verdunſtung Kryſtalle aus von der Zuſammenſetzung:

Aluminium . .	11
Chlor . . .	44
Waſſer . . .	45.

Digitized by Google

Diese Krystalle lassen sich von dem anhangenden Wasser nicht trennen; in der Hitze geben sie Wasser und Salzsäure ab; der Rückstand ist Thonerde.

Um wasserleeres Chloraluminium zu bereiten, muß man die Thonerde unter einem Strome von Chlorgas erwärmen. Dasselbe ist eine hellgelbe krystallinische Masse, welche leicht schmilzt und schon bei 180° C. siedet.

Erwärmt man trockenes Chloraluminium mit Kalium, so tritt das Chlor an das Kalium und Aluminium wird frei. Das Aluminium wird auf diese Weise als graues Pulver erhalten, welches unter dem Polirstahl zu zinnweißen metallischen Flittern vereinigt werden kann. Ohne Luftzutritt erhitzt, wird es bei einer Temperatur, bei welcher das Gußeisen schmilzt, nur dunkler und minder oxydirbar. In der Luft verbrennt es mit lebhaftem Feuer zu Thonerde, wenn es bis zum Glühen erhitzt wird. Auf Wasser wirkt es bei gewöhnlicher Temperatur gar nicht, in der Siedehitze schwach zersetzend ein, nicht einmal durch kalte concentrirte Salpetersäure wird es oxydirt.

Die Thonerde besteht aus:

Thonerde . .	53
Sauerstoff . .	47.

Verbreitung des Aluminiums. Das Aluminium ist neben dem Silicium und dem Calcium das an der Erde am häufigsten vorkommende Metall. Es findet sich aber, wie diese, nie isolirt, sondern nur mit Sauerstoff zu Thonerde verbunden als ein Hauptbestandtheil der Silicate, welche im Großen zur Gesteinsbildung beitragen. §. 267.

---

25. Beryllium. Zirkonium. Norium. Yttrium. Erbium. Terbium. Thorium.

Die eigentlichen Erden. Die in der Ueberschrift genannten Metalle gehören mit dem Aluminium in eine sehr wohl begrenzte Klasse; sie heißen die Metalle der eigentlichen Erden. Von den Metallen der Alkalien und alkalischen Erden unterscheiden sie sich durch einen viel geringeren Grad von Oxydirbarkeit. Sie verbrennen nur in der Glühhitze und zersetzen das Wasser nicht bei gewöhnlicher, nur schwach bei höherer Temperatur. §. 268.

Ihre Oxyde sind die Thonerde, Beryllerde, Zirkonerde, Norerde, Yttererde, Terbinerde, Erbinerde und Thorerde; sie

Digitized by Google

ſind ſämmtlich weiß, in der Ofenhitze unſchmelzbar und im Waſſer völlig unlöslich. Ihre Hydrate ſind in Säuren leicht löslich, in der Glühhitze verlieren ſie ihr Waſſer und werden zugleich faſt unlöslich in Säuren. Sie ſind ſchwächere Salzbaſen, als die Alkalien und alkaliſchen Erden. Die Talkerde bildet in jeder Beziehung ein Mittelglied zwiſchen den alkaliſchen Erden und den eigentlichen Erden.

§. 269. **Vorkommen und Verbreitung der eigentlichen Erden.** Wenn man die Thonerde ausnimmt, ſo gehören alle eigentlichen Erden zu den ſeltenſten Stoffen; ſie finden ſich nur in wenigen und zum Theil koſtbaren Mineralien.

Nächſt der Thonerde iſt die Beryllerde am genaueſten bekannt; ſie ſteht der Thonerde am nächſten und findet ſich vorzüglich in dem als Edelſtein geſchätzten Beryll oder Smaragd. Dieſer iſt ein Doppelſilicat der Thonerde und Beryllerde.

Die Zirkonerde findet ſich mit Kieſelſäure verbunden vorzüglich in den Zirkonen, zu denen auch der als Edelſtein ſehr geſchätzte Hyacinth gehört. Neuere Unterſuchungen haben jedoch gezeigt, daß der bis jetzt für eine einzige eigenthümliche Erde gehaltene, mit dem Namen Zirkonerde bezeichnete Stoff ein Gemenge mehrerer Erden ſei, von denen nur eine, die Norerde, namentlich bezeichnet iſt.

Yttererde, Erbinerde und Terbinerde ſcheinen immer zugleich vorzukommen; ihr Vorkommen iſt jedoch ſo ſelten, daß man noch nicht einmal ihre vollkommene Scheidung hat erreichen können.

Auch die Thorerde iſt nicht häufiger.

§. 270. **Leichte und ſchwere Metalle.** Die bis jetzt abgehandelten Metalle werden mit der Bezeichnung »leichte Metalle« zuſammengefaßt. Sie haben ſämmtlich keine bedeutende Dichte; einige von ihnen ſind ſogar weniger dicht, als Waſſer. Die im Folgenden abzuhandelnden Metalle heißen die ſchweren und ſind nicht allein durch ihre, wenn auch ſehr verſchiedene, doch die der leichten Metalle ſehr überwiegende Dichte, ſondern auch noch vorzüglich durch einen geringeren Grad von Oxydirbarkeit als naturgemäße Abtheilung gerechtfertigt.

---

26. Cerium. Lanthanium. Didymium.

§. 271. Dieſe drei Metalle bilden den Uebergang von den Metallen der eigentlichen Erden zu den ſchweren Metallen. Sie kommen vorzüglich in einem ſeltenen ſchwediſchen Mineral, dem Cerit, vor und ſcheinen überhaupt immer zugleich aufzutreten.

Digitized by Google

Das Cerium hat zwei Oxydationsstufen. Das Ceroxydul ist weiß, es oxydirt sich aber schon an der Luft zu Ceroxyd und wird gelb. Beide Oxyde sind Salzbasen. Die Salze des Ceroxyds haben eine gelbe Farbe. Das Ceriummetall wird aus dem Chlorcerium auf dieselbe Weise gewonnen, wie das Aluminium aus dem Chloraluminium. Es erscheint als ein chocoladebraunes Pulver, welches unter dem Polirstahl stahlgrau wird; seine allgemeinen Eigenschaften sind diejenigen des Aluminiums.

Das Lanthanoxyd oder die Lanthanerde ist ein weißes im Feuer unveränderliches Pulver, welches leicht Wasser aufnimmt und sich in Hydrat verwandelt. Die Salze des Lanthanoxyds sind farblos. Das Lanthanium wird wie das Cerium erhalten, als ein weiches zusammendrückbares, dunkelbleigraues Pulver.

Das Didymoxyd ist braun, wird aber in der Weißglühhitze schmutzig weiß; sein Hydrat ist blaulich violett, seine Salze sind amethystroth gefärbt. Das Didymium ist das noch am wenigsten bekannte Glied der Gruppe.

---

27. Mangan.

Manganmetall. Pulvert man eines der in der Technik so häufig angewandten Braunsteinerze, den Pyrolusit oder das Weichmanganerz, den Hausmannit oder das Schwarzbraunsteinerz, den Braunit, den Psilomelan oder das Hartmanganerz, reibt das Pulver wiederholt mit Oel zusammen und glüht es in einem zugedeckten hessischen Schmelztiegel, dessen Boden und Wände mit einem Teige aus Mehl und Kohlenpulver ausgestrichen sind, in einem sogenannten Kohlentiegel, zuletzt bei der stärksten Hitze, die ein Essenfeuer zu geben vermag, so erhält man einen metallischen Rückstand. Das so erhaltene Metall, dessen Oxyde die verschiedenen Braunsteine sind, hat den Namen Mangan; es ist grauweiß, schwach metallglänzend, sehr weich und spröde, hat die Dichte 8 und schmilzt nur im heftigsten Essenfeuer. Unter allen eigentlichen Metallen hat es zum Sauerstoff die größte Verwandtschaft, indem es sich schon sowohl an der Luft, als auch unter Wasser schnell oxydirt und noch leichter in allen wässerigen Säuren. §. 272.

Mangan und Sauerstoff. Das Mangan verbindet sich mit dem Sauerstoff in sechs verschiedenen Verhältnissen. §. 273.

Manganoxydul	besteht aus	100	Mangan	und	28	Sauerstoff
Manganoxydoxydul	» »	100	»	»	38	»
Manganoxyd	» »	100	»	»	43	»

Digitized by Google

Manganhyperoxyd besteht aus 100 Mangan und 57 Sauerstoff
Manganſäure » » 100 » » 85 »
Uebermanganſäure » » 100 » » 100 »

§. 274. **Manganhyperoxyd.** Das in der Technik besonders zur Chlorbereitung (vergl. §. 171 und 179) am meisten geschätzte Braunsteinerz ist das Weichmanganerz. Dasselbe hat eine Dichte von 4,7 bis 4,9, ist eisenschwarz und bildet strahlige, leicht zu einem graulich-schwarzen Pulver zerreibliche Massen.

In der Glühhitze verliert dasselbe 12 % Sauerstoff, mit concentrirter Schwefelsäure digerirt noch um ein Drittheil mehr, nämlich 18 % (vergl. §. 100). Es zeigt also ein Verhalten, welches früher (vergl. §. 103) als das allgemeine der Hyperoxyde angeführt worden ist, d. h. es zerfällt leicht in Sauerstoff und in ein niedrigeres Oxyd. Das Weichmanganerz ist Manganhyperoxyd.

§. 275. **Manganoxyd.** Läßt man das Manganhyperoxyd längere Zeit nur dunkelroth glühen, so werden nicht 12 %, sondern nur 9 %, d. i. ein Viertheil des Sauerstoffgehaltes, ausgetrieben, und der Rückstand ist schwarzes Manganoxyd.

Dieses Oxyd findet sich auch als Mineral. Es führt den Namen Braunit, ist pechschwarz und hat die Dichte 4,8.

Durch weiteres Glühen verliert das Manganoxyd noch etwas Sauerstoff und wird rothbraun. Beim Digeriren mit concentrirter Schwefelsäure entwickelt es ein Drittheil seines Sauerstoffgehaltes als Gas; in Salzsäure löst es sich unter Chlorentwickelung; liefert aber kaum halb so viel Chlorgas, als das Manganhyperoxyd. Es verbindet sich mit Wasser zu einem Hydrat, welches auch als Mineral unter dem Namen Grau- oder Glanzmanganerz vorkommt; Salze bildet es nicht.

Das Hartmanganerz ist ein Gemisch mehrerer Oxyde des Mangans; es enthält mehr Sauerstoff, als das eben beschriebene Oxyd und weniger, als das Hyperoxyd.

§. 276. **Manganoxydoxydul.** Sowohl das Manganhyperoxyd, als auch das Manganoxyd werden durch scharfes Glühen zu rothbraunem Manganoxydoxydul reducirt.

Auch diese Oxydationsstufe des Mangans findet sich im Mineralreiche als Schwarzbraunsteinerz, welches pechschwarz ist und eine Dichte von 4,7 — 4,8 hat.

Das Manganoxydoxydul löst sich in concentrirter Schwefelsäure mit carmoisinrother, in concentrirter Salzsäure mit braunrother Farbe. Diese Lösungen entstehen auch bei der Auflösung des Manganhyperoxydes und des Manganoxydes in den genannten Säuren. In der Wärme entfärben sie sich unter Sauerstoff- oder Chlorentwickelung. Durch zuge-

Digitized by Google

setzte Kalilösung wird aus ihnen braunes Manganoxydoxydulhydrat gefällt.

Manganoxydul. Leitet man einen Strom von Wasserstoffgas über §. 277.
eines der genannten Oxyde des Mangans, so wird es zu grünem Manganoxydul reducirt. Dieses ist das niedrigste Oxyd des Mangans und zugleich das einzige entschieden basische. Die farblosen Lösungen, welche nach längerem Kochen des Hyperoxyds, Oxyds und Oxydoxyduls entstehen, enthalten Oxydulsalze aufgelöst. Diese Salze sind meistens in Wasser löslich; die Lösungen schmecken zusammenziehend. Durch Kalilösung wird daraus Oxydulhydrat in weißen Flocken ausgeschieden, welches aus der Luft schnell Sauerstoff anzieht, braun wird und sich in Oxydoxydulhydrat verwandelt. Das reine Oxydulhydrat löst sich in Ammoniaksalzen auf, unter Bildung von Doppelsalzen und Freiwerden von Ammoniak. In der Glühhitze oxydirt sich das Manganoxydul zu Manganoxydoxydul.

Mit den Glasflüssen liefert das Manganoxydul ungefärbte oder blaßrothe, das Manganoxyd violettrothe Gläser.

Mangansäure. Durch Zusammenschmelzen von irgend einem der §. 278.
abgehandelten Oxyde des Mangans mit Kali, kohlensaurem, chlorsaurem oder salpetersaurem Kali erhält man eine schwarzgrüne Masse, welche in Wasser mit dunkelgrüner Farbe löslich ist, und aus dieser Lösung, unter dem Recipienten der Luftpumpe abgedampft, grüne Krystalle absetzt. Diese Krystalle bestehen aus:

Kali . . .	48
Mangansäure .	52.

Der zu der Bildung der Mangansäure nöthige Sauerstoff wird entweder der Luft oder den Säuren der zugesetzten chlorsauren und salpetersauren Salze entzogen, oder endlich bei Anwendung von Hyperoxyd zerfällt dieses in Mangansäure und in ein niederes Oxyd. Außer dem Kalisalze kennt man nur wenige Salze dieser Säure; man kann sie aus keinem derselben isoliren.

Die Lösung des mangansauren Kali's hält sich unzersetzt blos bei einem Ueberschusse von Kali; ist dieser nicht vorhanden, so geht die Farbe der Lösung durch Blau, Violett und Purpur in Carmoisinroth über, und ein braunschwarzer Niederschlag scheidet sich ab. Die Bestandtheile der Lösungen zerspalten sich dabei in wässeriges Kali, übermangansaures Kali und Manganhyperoxydhydrat.

Uebermangansäure. Die rothe Flüssigkeit, welche sich bei der Zer- §. 279.
setzung des mangansauren Kali's bildet, liefert nach vorsichtigem Abdampfen dunkelpurpurfarbene Krystallnadeln, welche das Salz einer noch sauerstoffreicheren Säure, als der Mangansäure, nämlich der Uebermangansäure, enthalten; sie sind zusammengesetzt aus:

Digitized by Google

Kali 30
Uebermangansäure 70.

Man kennt die Uebermangansäure nur in Verbindung mit Basen oder aufgelöst in Wasser. Die übermangansauren Salze sind dunkelroth gefärbt, verpuffen wie die salpetersauren und chlorsauren Salze, wenn man sie mit Phosphor, Schwefel, Kohle oder überhaupt leicht entzündlichen Stoffen erhitzt, und lösen sich sämmtlich mit intensiv rother Farbe in Wasser auf. Die Lösungen sowohl der Uebermangansäure, als auch der übermangansauren Salze, werden außerordentlich leicht verändert; durch leicht oxydirbare Stoffe, wie eingeleitetes Wasserstoffgas, eingestreute Kohle und Schwefel, zugesetzte schweflige und salpetrige Säure und organische Stoffe wird ihnen mehr oder weniger Sauerstoff entzogen. Die wässerige Lösung der Säure entwickelt sogar schon Sauerstoffgas, wenn sie dem Lichte oder einer Temperatur über 16° R. oder 20° C. ausgesetzt wird, und läßt Manganhyperoxyd- oder Manganoxydhydrat fallen.

§. 280. **Mangan und Schwefel.** Leitet man Schwefelwasserstoffgas über erhitztes Manganoxydul, so bildet sich Wasserdampf und Schwefelmangan oder Manganschwefelphür, welches besteht aus:

Mangan . . 64
Schwefel . . 36.

Diese Verbindung findet sich auch im Mineralreiche als Schwarzerz oder Manganglanz in eisenschwarzen, halb metallisch glänzenden Massen von der Dichte 3,9 bis 4.

Das künstlich dargestellte, wie das natürlich vorkommende Schwefelmangan entwickeln auf Zusatz von wässerigen Säuren rasch Schwefelwasserstoffgas, unter Bildung von Manganoxydulsalzen.

Setzt man Schwefelammonium zu einer Manganoxydulsalzlösung, so entsteht ein fleischrother Niederschlag von Manganschwefelphürhydrat, welcher, in einer Retorte erhitzt, in Schwefelmangan von gewöhnlicher Zusammensetzung und in Wasser zerfällt.

§. 281. **Mangan und Chlor.** Kocht man irgend ein Manganoxyd so lange mit Salzsäure, bis eine farblose Flüssigkeit entstanden ist, so hat man eine Lösung von Manganchlorür. Diese schmeckt unangenehm salzig. Sie ist schwer zur Krystallisation zu bringen. Die Krystalle sind rosenroth und enthalten Wasser, sie bestehen aus:

Mangan . . 28
Chlor . . . 36
Wasser . . . 36.

Bei abgeschlossener Luft bis zum dunklen Glühen erhitzt, lassen sie alles Wasser fahren und hinterlassen wasserleeres Manganchlorür, welches in der Rothglühhitze schmilzt.

Digitized by Google

Das Manganchlorür entspricht dem Manganoxydul; für die übrigen Oxydationsstufen des Mangans fehlen die entsprechenden Chlorverbindungen.

Verbreitung des Mangans. Die Braunsteinerze gehören nicht zu §. 282.
den seltenen Mineralien. In denselben findet das Mangan zwar sein Hauptvorkommen, aber nicht seine Hauptverbreitung. In geringer Menge tritt das Mangan fast als steter Begleiter neben Calcium und Eisen auf, und ist deshalb fast so allgemein verbreitet, wie diese beiden Elemente. Es findet sich auch in den Aschen der Pflanzen.

---

28. Eisen.

Eigenschaften des Eisens. Obgleich das Eisen gegenwärtig das §. 283.
gewöhnlichste Metall ist, so findet es sich doch natürlich fast nur in Verbindungen mit anderen Elementen, aus denen es wenigstens nicht leicht erhalten wird, und konnte deshalb im Alterthume nur wenig verarbeitet werden.

Alle Arten von Eisen, welche in den Künsten und Gewerben vorkommen, enthalten neben anderen Verunreinigungen stets mehr oder weniger Kohlenstoff, theils chemisch mit demselben gebunden, theils mechanisch eingemengt. Man reinigt sie dadurch, daß man ihre Feilspäne mit Hammerschlag mengt und in einem verschlossenen Tiegel unter einer Decke von grünem Glase umschmilzt; dieses Umschmelzen erfordert aber die Hitze eines sehr starken Essenfeuers.

Das auf diese Weise gewonnene Eisen ist äußerst dehnbar, es läßt sich zwar nicht zu sehr dünnen Platten auswalzen, wohl aber zu den feinsten Drähten ausziehen. Es ist das härteste und zäheste von allen dehnbaren Metallen; seine Dichte ist 7,84, wenn es nach dem Umschmelzen langsam erkaltete. Das Eisen wird in der Hitze nach und nach so weich, daß es Eindrücke annimmt und mit dem Hammer geformt, d. h. geschmiedet werden kann, in der Weißglühhitze erlangt es eine gewisse Klebrigkeit, in Folge deren auf einander gelegte Stücke an einander haften und durch Pressen oder Hämmern fest mit einander vereinigt, wie man sagt, zusammengeschweißt werden können; über den Schweißpunkt hinaus erhitzt, wird das Eisen bröcklich und schmilzt bei etwa 2000° C.

Bei gewöhnlicher Temperatur oxydirt sich das Eisen nur in feuchter Luft, es rostet; über 230° C. erhitzt, überzieht es sich mit einer Oxydschicht. Polirtes Eisen läuft dabei je nach der Temperatur der Glühhitze, der es ausgesetzt wird, farbig an mit einem gelben, rothen, violetten oder blauen

Digitized by Google

Ueberzuge; in der Rothglühhitze bedeckt es sich mit einer schwarzen Kruste, welche leicht abspringt und den gewöhnlichen Hammerschlag bildet. Im Wasser oxydirt sich das Eisen nur unter Mitwirkung einer Säure; gewöhnlich ist es die Kohlensäure, welche das Rosten unter Wasser veranlaßt. In den meisten wässerigen Säuren löst es sich leicht und unter Wasserstoffgasentwickelung auf.

Eine Eigenschaft, welche das Eisen nur mit wenigen Metallen gemeinschaftlich hat, ist sein Magnetismus; es wird von Magneten angezogen und kann magnetisirt werden.

§. 284. **Vorkommen und Verbreitung des Eisens.** Wie schon oben erwähnt wurde, gehört das gediegene Eisen zu den seltensten natürlichen Vorkommnissen. In den Gebirgsmassen wie andere Erze eingeschlossen, findet es sich nur an sehr wenigen Orten und in sehr geringer Menge. Gediegene Eisenstücke von größerer Ausdehnung, wie das 17000 Pfund schwere von Olumba in Peru und andere sind als *Meteoreisen* aus dem Weltraume durch die Atmosphäre auf die Erdoberfläche gelangt. Diese letzte Behauptung ist jetzt über jeden Zweifel erhaben. Daß eine 191 Pfund schwere Eisenmasse im Jahr 1751 bei Agram niedergefallen ist, haben Augenzeugen ganz aus der Nähe beobachtet.

Dennoch ist das Eisen das verbreitetste unter den schweren Metallen. Seine Oxyde sind gewöhnliche Begleiter der Kalkerde und der Thonerde; sie fehlen in keinem Pflanzenboden, werden daraus in die Pflanzen aufgenommen und aus diesen auch in das Thierreich übergeführt; der rothe Farbestoff des Blutes z. B. enthält Eisen als wesentlichen Bestandtheil. Die Eisenoxyde, ihre Hydrate und Salze bilden aber auch selbstständige Gebirgs- und Gangmassen. Und außer ihnen finden sich Verbindungen des Eisens mit dem Schwefel und Arsenik, und endlich Verbindungen von Schwefel- und Arsenikeisen mit anderen Schwefel- und Arsenikmetallen häufig.

§. 285. **Roheisen.** Die Erze, aus welchen das Eisen im Großen und mit Vortheil gewonnen werden kann, enthalten dasselbe nur als Oxyd theils für sich, theils mit Wasser zu Hydrat, theils mit Kohlensäure verbunden; mechanisch sind jedoch fast immer fremdartige Gesteine in beträchtlicher Menge beigemengt. Da die Entfernung des Hydratwassers und der Kohlensäure keine Schwierigkeiten darbietet, so sind bei der Eisengewinnung nur drei Hauptpunkte in das Auge zu fassen. *Das Eisenoxyd soll desoxydirt, das reducirte Eisen geschmolzen, und die fremden Beimengungen sollen abgeschieden werden.* Die Reduction des Eisens wird durch einen Zusatz von *Kohle* und durch eine sehr erhöhte Temperatur bewirkt, und dadurch zugleich das Schmelzen erleichtert, indem das reducirte Eisen etwas Kohlenstoff chemisch aufnimmt, und

Digitized by Google

in dieser Verbindung einen viel niedrigeren Schmelzpunkt hat, als für sich. Um die beigemengten Gesteine zu beseitigen, giebt man noch einen Stoff hinzu, der mit ihren Bestandtheilen ein leichtflüssiges Glas bildet, welches sich als Schlacke absondert. Dieser Zusatz, der sogenannte Zuschlag, ist Kalk, wenn die Erze an Kieselerde und Thonerde reich sind, hingegen Quarz, wenn die Erze viel Kalk enthalten; hat man an einem Orte verschiedene Erze zu verwenden, von denen einige kieselerdereich sind, andere kalkreich, so kann durch ihre Vereinigung oder Gattirung der Zuschlag erspart werden. Die Schlackenbildung ist aber durchaus nicht als ein hinderlicher oder auch nur unwesentlicher Umstand bei der Eisengewinnung zu betrachten. Die Schlacke sammelt sich über dem bereits niedergeschmolzenen Eisen als flüssige Decke und schützt dasselbe vor der oxydirenden Einwirkung der Luft, welche zur Erhaltung der Verbrennung dem Schmelzraume zugeführt werden muß. Man setzt deshalb solchen Erzen, welche nur sehr wenig Beimengungen enthalten, leicht schmelzbare oder verglasbare Mineralien, wie Basalt und Grünstein, zu.

Gewöhnlich werden die Eisenerze vor ihrer Verschmelzung längere Zeit dem Einflusse der Luft Preis gegeben, zuerst bei gewöhnlicher Temperatur, dann bei schwacher Glühhitze. Bei gewöhnlicher Temperatur verwittern sie, besonders das kohlensaure Eisenoxydul, indem es sich höher oxydirt; sie werden mürbe und porös. In der Glühhitze werden die Erze völlig trocken und noch mehr und schneller aufgelockert, so daß sie leicht in 1 bis 4 Cubikzoll große Brocken zerpocht werden können; auch oxydiren und verflüchtigen sich dabei Schwefel und Arsenik, welche als Schwefel- und Arsenikmetalle in die Erze eingesprengt sind und dem Roheisen leicht sehr fehlerhafte Eigenschaften ertheilen können.

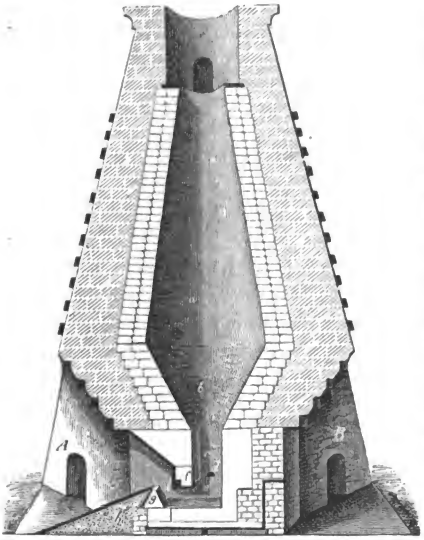
Das geröstete und zerkleinerte Erz erhält den gehörigen Zusatz von Zuschlag und von Holzkohlen oder Kohks und wird dann in großen Schachtöfen, in sogenannten Hochöfen, erhitzt.

Einen solchen Hochofen zeigt Fig. 226 (a. f. S.) im verticalen Durchschnitte, Fig. 227 (a. f. S.) im horizontalen. Sein Inneres zerfällt in drei Hauptabtheilungen; die oberste nach unten sich erweiternde Abtheilung, *a*, heißt der Schacht, die mittlere nach unten sich verengende, *b*, heißt die Rast, und die unterste, *c*, das Gestell, dem sich der Heerd, *e*, anschließt. Die Ofenwände sind sehr dick, damit sie keine Wärme nach außen durchlassen; im Inneren sind sie mit einem Mantel von feuerfesten Steinen ausgesetzt, welche besonders an der Rast, am Gestell und Heerd von vorzüglicher Beschaffenheit sein müssen. Die beiden letzten Theile werden deshalb gewöhnlich aus kalkfreiem Sandsteine aufgemauert. Obgleich man den Ofen vor dem Gebrauche sorgfältig

Digitized by Google

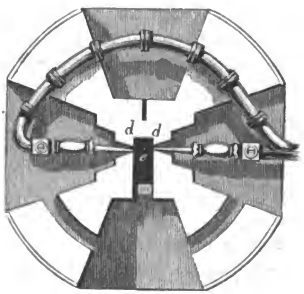
austrocknet, verwahrt man ihn doch mit einer Anzahl ſtarker Eiſenreife; denn er hat eine ſehr hohe Temperatur auszuhalten und muß lange Zeit im Gange bleiben.

Fig. 226.



Der Ofen iſt mit der Beſchickung ſtets bis zum oberen Rande des Schachtes, bis zur Gicht, erfüllt. Die Entzündung der Kohlen geſchieht von unten, ihre Verbrennung wird durch die bei *d*, *d* eingeblaſene Luft ernährt. Die Menge der eingeblaſenen Luft reicht aber eben nur hin, um die Kohlen im Geſtell vollſtändig zu Kohlenſäure zu verbrennen. In der Raſt und im unteren Theile des Schachtes werden die Kohlen zwar bis zum Glühen erhitzt, können ſich aber mit der durch ſie aufſteigenden Kohlenſäure nur zu Kohlenoxydgas verbinden. Im oberen Theile des Schachtes werden die Kohlen nur mäßig erwärmt und erleiden keine chemiſche Veränderung. Das Innere des Ofens zerfällt alſo auch hinſichtlich des chemiſchen Proceſſes, welcher mit der Beſchickung vor ſich geht, in drei Abtheilungen. Im oberen Theile des Schachtes iſt die Beſchickung einer abwärts nach und nach bis zum Glühen

Fig. 227.



Digitized by Google

gesteigerten Temperatur ausgesetzt; sie wird völlig getrocknet und geröstet, ehe sie erglüht. Im unteren Theile des Schachtes und in der Rast wird das glühende Eisenoxyd durch das Kohlenoxydgas reducirt; gegen das Gestell hin erweicht das reducirte Eisen und nimmt theils aus dem Kohlenoxydgas, theils aus der Kohle Kohlenstoff auf. Im Gestell schmilzt das mit Kohlenstoff imprägnirte Eisen und sinkt, durch einen Schlackenüberzug vor Oxydation geschützt, in den Heerd, wo es durch die hohe Temperatur des Gestells flüssig erhalten wird.

Der wichtigste Proceß ist hier offenbar die Reduction des Eisens und die Sättigung des reducirten Eisens mit Kohlenstoff. Ist noch nicht alles Eisenoxyd reducirt an einer Stelle, wo die Schlacke in Fluß geräth, so wird es von der Schlacke aufgenommen und geht verloren. Wird das reducirte Eisen zu rasch geschmolzen, so liegt sein Schmelzpunkt sehr hoch; es kann leicht im Heerde steif werden und diesen verstopfen. Aus diesem Grunde ist der Ofenraum zwischen Schacht und Rast am weitesten, so daß sich die Beschickung hier am langsamsten senkt. Der Ofenraum verengt sich aber von da aus wieder sehr rasch, um nur so viel Beschickung aufzunehmen, als durch das Gebläse schnell verbrannt und geschmolzen werden kann, und um dem geschmolzenen Eisen nur einen kurzen Aufenthalt in der Gebläseluft zu gestatten.

Der Heerd ist nach vorn durch den Wallstein *g* geschlossen, zwischen dem und der Seitenwand jedoch ein mit Lehm und Kohlenstaub verstopfter Zwischenraum bleibt, welcher durchstochen wird, wenn das angesammelte geschmolzene Eisen abgelassen werden soll. Auf der anderen Seite lehnt sich der Ansatz *h* an den Wallstein; er ist mit einer Eisenplatte bedeckt, um der Schlacke einen Abfluß zu gestatten, sobald sie sich über des Niveau des Wallsteins angesammelt hat.

Sinkt mit vorschreitender Schmelzung die Beschickung an der Gicht ein, so wird wieder frisches Material aufgegeben; der Ofen bleibt fortwährend im Gange, so lange seine Wände halten.

Um die Schmelzung zu beschleunigen und zugleich um Brennmaterial zu ersparen, giebt man jetzt fast allgemein der Gebläseluft eine hohe Temperatur bis zu 300° C. Die Beschaffenheit des Roheisens wird jedoch dadurch eher verschlechtert, als verbessert, indem sich während des kürzeren Verlaufes der Schmelzung sein Kohlenstoffgehalt verringert, dagegen der Gehalt an fremden Beimengungen erhöht.

Alles Roheisen enthält fremdartige Beimengungen, welche zwischen 5 und 8 % des Gewichtes betragen. Diese Beimengungen bestehen vorzüglich aus Kohlenstoff, Silicium, Schwefel, Phosphor, Arsenik, Mangan, Aluminium und Calcium. Darunter ist der Kohlenstoff am wichtigsten. Nicht sowohl nach der Menge, in welcher er vorkommt, sondern vielmehr

Digitized by Google

nach der Art, wie er neben dem Eisen vorkommt, bedingt er den Unterschied zwischen dem weißen und grauen Roheisen. Das weißglänzende Roheisen enthält die ganze Menge des Kohlenstoffs chemisch mit dem Eisen verbunden, das graue matte nur einen Theil desselben, während der andere in kleinen fein vertheilten, graphitartigen Blättchen ausgeschieden ist. Das erste entsteht besonders dann, wenn das geschmolzene Roheisen rasch erkaltet wird, so daß es seinen Kohlenstoffgehalt nicht absetzen kann; es enthält zwischen 3,5 bis 5,7 Procente Kohlenstoff, wogegen der Kohlenstoffgehalt des grauen Roheisens nur zwischen 3,2 bis 5,6 beträgt.

Das weiße Roheisen ist sehr hart, mitunter so hart, daß es Glas ritzt, seine mittlere Dichte ist 7,5. Es schmilzt bei etwa 1500° C. und wird zwar breiartig, ehe es dünn fließt, nimmt aber doch nicht einen solchen Grad der Erweichung an, wie es zum Schweißen nothwendig ist. Bei gewöhnlicher Temperatur oxydirt es sich fast gar nicht; von Salzsäure, Schwefelsäure und Salpetersäure wird es schwer angegriffen, gewöhnlich unter Abscheidung einer schwarzen moderartigen Substanz.

Das graue Roheisen ist weich genug, um gebohrt und gefeilt zu werden. Seine mittlere Dichte ist nur 7,1. Es schmilzt erst bei etwa 1700° C. und nimmt zwar vor dem völligen Schmelzen jenen Zustand von Weichheit an, welcher zum Schweißen erforderlich ist, aber innerhalb so enger Temperaturgrenzen, daß es schwer ist, ihn längere Zeit zu erhalten. Es rostet leichter, als weißes Roheisen, aber schwerer, als Stabeisen. Ebenso steht es in seiner Auflöslichkeit durch Säuren zwischen dem weißen Roheisen und dem Stabeisen.

Alles Roheisen dehnt sich im Augenblicke seines Starrwerdens aus und ist eben deshalb zum Formgießen sehr brauchbar, weil es sich in alle Fugen und Kanten der Form scharf hineinzieht

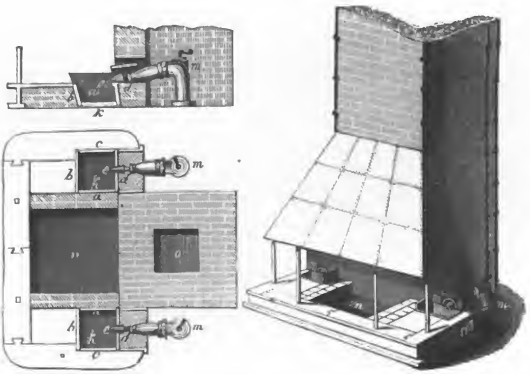
§. 286. **Stabeisen.** Um das Roheisen in geschmeidiges schmiedbares Stabeisen zu verwandeln, wird es durch eine besondere Art von oxydirender Umschmelzung des Kohlenstoffs bis auf einen geringen Rest und der übrigen Beimengungen möglichst vollständig beraubt. Der Kohlenstoff verbrennt dabei, die übrigen Beimengungen sondern sich als schwer schmelzbares Silicat in der Frischschlacke ab, welche jedoch immer eine beträchtliche Menge von Eisenoxydul einschließt. Die Oxydation wird durch einen Luftstrom bewirkt, entweder auf einem Frischheerde, oder in einem Puddelofen.

Die Frischheerde sind mit Gußeisenplatten ausgekleidete Gruben. Fig. 228 zeigt zwei dergleichen neben einander unter einem Rauchfange vereinigt. Diese Gruben werden mit glühenden Holzkohlen gefüllt, in welche das zu verfrischende Roheisenstück so eingeschoben wird, daß es sich selbst oberhalb

Digitized by Google

des vom Gebläse *e* ausgehenden Luftstromes befindet, dagegen das abträufelnde geschmolzene Roheisen seiner oxydirenden Wirkung ausgesetzt ist.

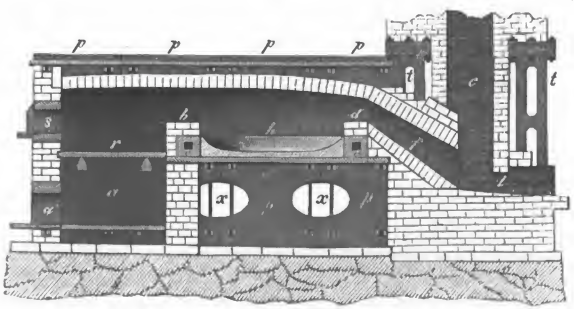
Fig. 228.



Das umgeschmolzene Eisen sammelt sich auf dem Boden des Heerdes; es wird mit Brechstangen herausgehoben und gewöhnlich noch zweimal demselben Schmelzprocesse unterworfen, ehe es unter einem schweren Hammer ausgeschmiedet und in kleine Stücke vertheilt wird. Das Verfrischen des Roheisens ist mit einem Abgange von etwa 30 % verbunden.

Der Puddelofen, welchen Fig. 229 im Durchschnitt, Fig. 231 in

Fig 229.



Digitized by Google

der Anſicht darſtellt, iſt ein mit Eiſenplatten verkleideter Flammofen. Der Heerd *h* befindet ſich zwiſchen der Feuerbrücke *b* und der Fuchs-

Fig. 230.

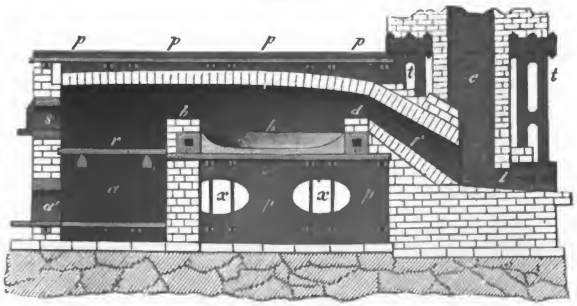
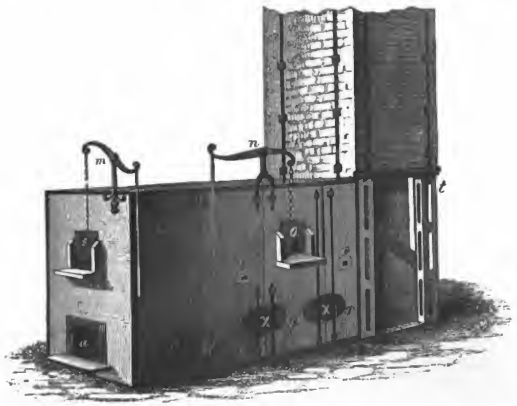


Fig. 231.



brücke *d*; er iſt aus Quarzſand oder ſchwer ſchmelzbarer Schlacke hergeſtellt. Auf dem Roſte *r* werden gewöhnlich Steinkohlen verbrannt. Das zu verarbeitende Roheiſen wird durch die Arbeitsöffnung *o* in 20 bis 30 Pfund ſchweren Stücken theils auf die Feuerbrücke, theils an der Hinterwand aufgeſchichtet; es erweicht ſehr bald oder ſchmilzt und wird bei verſchloſſener Eſſenklappe ſo lange, als es ſeine Steifigkeit erlaubt, auf dem Heerde mit der hier aufgetragenen Schlacke durchgerührt. Alsdann wird die Arbeitsöffnung geſchloſſen, das Feuer friſch angeſchürt, und die Eſſen-

Digitized by Google

klappe geöffnet. Jetzt erst beginnt die Verwandlung des Roheisens in Stabeisen, dessen Kohlenstoffgehalt sich sowohl durch die Einwirkung der Schlacke, als auch der Kohlensäure des Feuers oxydirt; die letzte wird dabei zu Kohlenoxydgas reducirt. Hat das Eisen eine solche Schweißbarkeit erlangt, daß es zäh und klebrig wird, so rollt man es zu großen Bällen zusammen, welche sogleich ausgeschmiedet werden, zuerst unter einem schweren Hammer, dann zwischen Walzen.

Das gute Stabeisen enthält nur noch $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ % Kohlenstoff; auch die übrigen Beimengungen, welche sich im Roheisen finden, sind in ihm seltener. Seine Dichte ist im Durchschnitt 7,6. Beim Auflösen in Säuren bleibt der größere Theil des Kohlenstoffs als eine moderartige Substanz zurück; außerdem hat es die Eigenschaften des reinen Eisens, wenn sein Phosphor- und Schwefelgehalt nicht zu groß sind; aber schon 0,03 % vom ersten reichen hin, um es in der Rothglühhitze, 1 % vom letzten, um es bei gewöhnlicher Temperatur brüchig zu machen.

Stahl. Der gute Stahl enthält nie mehr, als 1,9 % Kohlenstoff §. 287. und nie weniger, als 0,9 %, steht also in dieser Beziehung zwischen dem Roh- und Stabeisen; von anderen Beimengungen muß er jedoch viel reiner sein, als beide. Seine mittlere Dichte ist 7,7; sein Schmelzpunkt ist bei etwa 1800° C. Hinsichtlich seiner Oxydation und seiner Löslichkeit in Säuren verhält es sich dem weißen Roheisen sehr ähnlich. Seine wichtigste Eigenschaft besteht darin, daß er durch Erhitzung und nachherige Abkühlung jeden Grad der Härte zwischen demjenigen des weißen Roheisens und des Stabeisens erhalten kann. Je höher die Temperatur war, bis zu der man den Stahl erhitzt hatte, je rascher die Abkühlung stattgefunden hat und auf eine je tiefere Temperatur sie geführt worden ist, desto härter wird der Stahl. Stahl, welcher im weißglühenden Zustande in Wasser abgelöscht wurde, heißt glashart. In diesem Zustande ist er jedoch wegen seiner Sprödigkeit nur für sehr wenige Zwecke brauchbar. In den meisten Fällen wird ihm durch Erhitzen mehr oder weniger von seiner Härte genommen. Gewöhnlich richtet man sich dabei nach den Anlaufefarben, welche sich bei sehr bestimmten Temperaturen zeigen, nämlich

blaßgelb	bei	216° C.
strohgelb	»	232° »
braun	»	254° »
purpurfarben	»	277° »
hellblau	»	288° »
dunkelblau	»	292° »
schwarzblau	»	316° »

Blaßgelb angelassen werden die Lanzetten und Rasirmesser, strohgelb

Digitized by Google

die Federmesser, braun die Scheeren und harten Meißel, etwas mehr die Aexte, Hobeleisen und Taschenmesser, purpurfarben die Tischmesser, hellblau die Uhrfedern, dunkelblau die Bohrer und feinen Sägen, schwarzblau die gewöhnlichen Handsägen.

Aus sehr reinen Eisensteinen läßt sich durch eine erste reducirende Schmelzung Stahl gewinnen; aus gutem Roheisen durch eine Art des Frischens, bei welcher das geschmolzene Roheisen der Wirkung des Gebläses weniger lang und vollständig ausgesetzt ist, so daß der Kohlenstoffgehalt nicht zu sehr abnimmt. Alle so gewonnenen Stahlarten heißen Schmelzstahl; ihre Gewinnung ist mit einem beträchtlichen Aufwande von Brennmaterial und mit einem bedeutenden Eisenabgange verbunden.

Eine andere Art des Stahls heißt Cement- oder Brennstahl. Er wird aus gutem Stabeisen dargestellt, indem man dasselbe in einer Umhüllung von Kohlenpulver und bei sehr ermäßigtem Luftzutritte einer anhaltenden Weißgluth aussetzt. Das in der Weißglühhitze stark erweichte Stabeisen nimmt von der Oberfläche aus Kohlenstoff auf, welches ihm in Form von Kohlenoxydgas dargeboten wurde; erst nach und nach wird die ganze Masse von Kohlenstoff durchdrungen und zeigt auf der ganzen Bruchfläche eine feinkörnige Beschaffenheit.

Sowohl der Schmelzstahl, als auch der Cementstahl müssen durch einen Raffinirproceß gleichartig gemacht werden. Dies geschieht entweder durch das sogenannte Gerben, d. h. durch wiederholtes Ausschmieden in breite Stäbe und durch Zusammenschweißen und Strecken solcher Stäbe, oder dadurch, daß man den rohen Stahl in feuerfesten verschlossenen Tiegeln umschmilzt. Die letzte Operation liefert den Gußstahl; sie wird besonders mit dem rohen Cementstahl vorgenommen.

§. 288. **Eisen und Sauerstoff.** Mit dem Sauerstoffe verbindet sich das Eisen in drei Verhältnissen.

100	Theile	Eisen	bilden mit	29	Theilen	Sauerstoff Eisenoxydul,
100	»	»	»	43	»	» Eisenoxyd,
100	»	»	»	86	»	» Eisensäure.

§. 289. **Eisenoxydul.** Das Eisenoxydul bildet sich, wenn man Eisen in solchen wässerigen Säuren auflöst, welche selbst keinen Sauerstoff abgeben, wie in verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure Aus der Auflösung wird es durch zugesetzte Alkalien als Hydrat ausgeschieden; dasselbe ist weiß; es besteht aus:

Eisenoxydul .	79,6
Wasser . . .	20,4.

Trocken sowohl, als feucht zieht es aus der Luft schnell Sauerstoff an und färbt sich grünlich grau, zuletzt braun.

Das Eisenoxydul ist eine starke Basis. Seine Salze sind im wasser-

Digitized by Google

leeren Zustande farblos, im wasserhaltigen blaß-grünlich-blau. Viele von ihnen lösen sich in Wasser, alle in wässeriger Salzsäure; die Auflösung hat einen süßlich zusammenziehenden Geschmack, wie Dinte. Auch in seinen Salzen zieht das Eisenoxydul leicht Sauerstoff an.

Eisenoxyd. Glüht man Eisen oder Eisenoxydul anhaltend an der §. 290.
Luft, so oxydirt es sich zu Eisenoxyd, welches im dichten Zustande stahlgrau ist und einen metallähnlichen Glanz hat, im pulverigen Zustande matt und rothbraun wird. Als Rotheisenstein findet es sich unter den Eisenerzen.

Das Eisenoxyd verbindet sich sehr leicht mit Wasser zu Hydraten. Setzt man mit Wasser befeuchtetes Eisen längere Zeit der Luft aus, so überzieht es sich mit gelbbraunem Eisenrost, welcher die Zusammensetzung hat:

Eisenoxyd . . 85
Wasser . . . 15.

Dieselbe Zusammensetzung haben auch viele von den unter dem Namen Brauneisenstein bekannten Eisenerzen. Eine andere Zusammensetzung hat das braune Hydrat, welches sich aus Eisenoxydlösungen auf Zusatz von Ammoniakflüssigkeit ausscheidet, es besteht, wie viele andere Braunsteine, aus:

Eisenoxyd . . 81,2
Wasser . . . 18,8.

Endlich finden sich auch Brauneisensteine von der Zusammensetzung:

Eisenoxyd . . 90,5
Wasser . . . 9,5.

Das Eisenoxydhydrat verliert sein Wasser unter der Glühhitze.

Erhitzt man das zurückbleibende wasserleere Oxyd stärker, so verglimmt es, ohne an Gewicht abzunehmen, und ist dann in Säuren schwerer löslich, als vorher.

Das Eisenoxyd ist zwar eine Basis, aber eine weit schwächere, als das Oxydul. Krystallisirt und geglüht löst es sich in Säuren langsam, als Hydrat leicht; die Auflösung ist gelb bis gelbbraun, sie schmeckt noch etwas zusammenziehender, als diejenige des Oxyduls. Viele Eisenoxydsalze lösen sich in Wasser, alle in Salzsäure, oder werden wenigstens dadurch zersetzt.

Das Eisenoxyd, besonders dasjenige, welches als Rückstand bei der Gewinnung des Vitriols gewonnen wird (vergl. §. 154), findet vielfach technische Anwendung als rothe Farbe, Schleif- und Polirmittel für Glas, Stahl und dergl. Es führt den Namen englisch Roth, Kolkothar oder Caput mortuum.

Eisenoxydoxydul. Unter den künstlich sowohl, als natürlich vorkom- §. 291.
menden Oxydationsproducten des Eisens finden sich viele, welche mehr Sauer-

Digitized by Google

stoff enthalten, als das Oxydul, und weniger, als das Oxyd, und welche als Verbindungen von Oxyd und Oxydul anzusehen sind. Dahin gehören vorzüglich der Hammerschlag und das Magneteisenerz.

Der Hammerschlag bildet sich beim Glühen des Eisens an der Luft, er ist schwarzgrau und enthält in 100 Theilen:

Eisenoxydul . . 73
Eisenoxyd . . 27.

Der Magneteisenstein ist ein schwarzes, als Eisenerz sehr geschätztes Mineral, er bildet sich aber auch beim Glühen des Eisens in einem Strome von Wasserdampf (vergl. S. 188) und unter anderen Umständen. Seine Zusammensetzung ist:

Eisenoxydul . . 31
Eisenoxyd . . 69.

Alle Arten des Eisenoxydoxyduls werden von Magneten wie Eisen angezogen; unter den Magneteisenerzen finden sich viele natürliche Magnete.

Das dem Hammerschlag entsprechende Eisenoxydoxydulhydrat ist schmutzig graugrün, das dem Magneteisenstein entsprechende schwarz.

§. 292. **Reduction der Eisenoxyde.** Den Eisenoxyden wird der Sauerstoff nur schwierig entzogen; in einem Strome von Wasserstoffgas oder Kohlenoxydgas mäßig geglüht, reducirt sich das Eisenoxyd nur zu Oxydoxydul oder zu Oxydul; erst bei einer Temperatur über 400° C. findet eine vollständige Reduction Statt. Auch Kalium und Natrium wirken erst bei 300° C. reducirend.

§. 293. **Eisensäure.** Die Eisensäure ist nur bekannt in ihrer Verbindung mit Basen, mit denen sie rothe Salze bildet. Eisensaures Kali entsteht, wenn man Chlorgas in ein Gemenge von Eisenoxydhydrat und starker Kalilauge einleitet; es ist in Wasser löslich, zersetzt sich aber sehr leicht.

§. 294. **Eisenoxyde und Kohlensäure.** Das neutrale kohlensaure Eisenoxydul ist eine als Mineral häufig vorkommende Verbindung. Für sich findet es sich als Spateisenstein, jedoch selten ganz rein, gewöhnlich gemengt mit etwas kohlensaurem Manganoxydul, kohlensaurer Kalk- und Talkerde. Auf der anderen Seite ist es der gewöhnliche Begleiter der kohlensauren Kalk- und Talkerde, so daß es nur in wenigen Kalken und Dolomiten gänzlich fehlt. Es besteht aus:

Eisenoxydul . 61,4
Kohlensäure . 38,6.

Beim Glühen zersetzt es sich; Kohlensäure mit Kohlenoxydgas gemengt entweicht, und Eisenoxydul bleibt zurück. An feuchter Luft verwandelt es sich langsam in Eisenoxydhydrat. Säuren lösen es unter Kohlensäureentwickelung auf; auch von wässeriger Kohlensäure wird es gelöst unter Bildung eines sauren Salzes. Die Lösung ist farblos, von schwach eisen-

Digitized by Google

haftem Geschmacke; sie zersetzt sich aber schon bei geringem Luftzutritte unter Fällung von Eisenoxydhydrat. Als Stahlwasser kommt sie natürlich vor.

Ein kohlensaures Eisenoxyd von bestimmter Zusammensetzung ist bis jetzt noch nicht aufgefunden.

Eisenoxyde und Schwefelsäure. Das neutrale schwefelsaure Eisenoxydul ist unter dem Namen Eisenvitriol oder grüner Vitriol bekannt. Im Kleinen erhält man es durch Auflösen von Eisen in verdünnter Schwefelsäure, Abdampfen und Krystallisiren der Lösung, im Großen aus den gerösteten und verwitterten Schwefelkiesen, häufig als Nebenproduct bei der Alaunfabrication (vergl. §. 265). §. 295.

Die gewöhnlichen blaßgrün-blauen Eisenvitriolkrystalle bestehen aus:

Eisenoxydul . .	25
Schwefelsäure .	29
Wasser . . .	26.

Erhitzt schmelzen sie in ihrem Krystallwasser und hinterlassen ein weißes Pulver von wasserleerem Salze, wenn die Luft abgehalten war, welches bei weiterem Erhitzen in basisch schwefelsaures Eisenoxyd und schweflige Säure zerfällt (vergl. §. 154). Ein Theil der gewöhnlichen Krystalle bedarf bei gewöhnlicher Temperatur zu seiner Lösung etwa 1,5 Theile Wasser, in der Siedehitze nur 0,3 Theile. Die Lösung ist blaßgrünlich; Weingeist wie Vitriolöl scheiden minder wasserhaltige Krystalle daraus ab; an der Luft oxydirt sich aber sowohl die Lösung, als das feuchte Salz, die Lösung zerfällt dabei in unlösliches braunes basisch schwefelsaures und lösliches neutrales schwefelsaures Eisenoxydsalz.

Das neutrale schwefelsaure Eisenoxyd entsteht, wenn man Eisenoxyd in Schwefelsäure auflöst; die Lösung ist nicht zum Krystallisiren zu bringen; eingedampft wird sie syrupsdick, dann harzähnlich und hinterläßt zuletzt ein schmutzig weißes Salz von der Zusammensetzung:

Eisenoxyd . .	39,4
Schwefelsäure	60,6.

Außer dieser neutralen Verbindung geht das Eisenoxyd mit der Schwefelsäure noch mehrere basische ein, welche in Wasser meist unlöslich sind.

Eisenoxyde und Phosphorsäure. Die basischen und neutralen phosphorsauren Salze sowohl des Eisenoxyduls, als des Eisenoxyds sind in Wasser unlöslich; sie verbinden sich jedoch leicht mit den Alkalien zu löslichen Doppelsalzen; die sauren Salze hingegen lösen sich in Wasser. Die meisten dieser Salze enthalten beträchtliche Mengen von Hydrat- oder Krystallisationswasser; alle sind leicht schmelzbar. §. 296.

Als Mineralien finden sich diese Verbindungen im reinen Zustande selten; sie machen aber einen Hauptbestandtheil der Raseneisensteine

Digitized by Google

aus, welche sich bald in größerer, bald in geringerer Menge überall finden, wo eisenhaltige Wässer auf sumpfigem Boden stagniren.

§. 297. **Eisenoxyde und Kieselsäure.** Die Verbindungen der Eisenoxyde mit der Kieselsäure sind sehr mannichfaltig. Die Hochofenschlacken und Frischschlacken enthalten stets basisch kieselsaures Eisenoxydul. Viele Mineralien bestehen ganz oder zum Theil aus kieselsauren Eisenoxydul- und Eisenoxydsalzen.

§. 298. **Eisen und Schwefel.** Das Eisen vereinigt sich mit dem Schwefel unmittelbar und leicht. Ein erhitzter Eisendraht verbrennt in Schwefeldampf mit lebhaftem Funkensprühen; ein rothglühendes Eisenblech wird unter Bildung eines leicht schmelzbaren Schwefelmetalls durch ein aufgelegtes Schwefelstück durchbohrt.

Das Einfach-Schwefeleisen oder Eisensulphür erhält man durch Zusammenschmelzen von Eisenfeilicht mit Schwefelblumen. Man mengt 7 Theile vom ersten mit 5 Theilen vom anderen zusammen, bringt die Mengung in einen Schmelztiegel, der höchstens bis zu zwei Drittheilen davon erfüllt ist und setzt den gut zugedeckten Tiegel so lange einer schwachen Rothglühhitze aus, als noch eine Schwefelflamme zwischen den Fugen des Deckels herausschlägt.

Die geglühte Masse besteht dann aus:

Eisen . . .	100
Schwefel . .	57,

sie hat ein schwarzgraues, schlackiges Aussehen und ist sehr mürbe. Wenn die Luft keinen Zutritt zu ihr hat, kann sie bis zur Weißgluth erhitzt werden, ohne sich zu zersetzen, an der Luft erhitzt, oxydirt sie sich. Mit verdünnter Schwefel- oder Salzsäure übergossen, entwickelt sie Schwefelwasserstoffgas (vergl. §. 156), indem ein Eisenoxydulsalz sich auflöst. Für sich findet sich das Einfach-Schwefeleisen nicht als Mineral, wohl aber in Verbindung mit anderen Schwefelmetallen.

Mengt man Einfach-Schwefeleisen mit Schwefel und erhitzt es bis zur schwachen Rothglühhitze, so entsteht ein dem Eisenoxyd entsprechendes Eisensulphid (vergl. §. 157), bestehend aus:

Eisen . . .	100
Schwefel . .	66.

Setzt man Schwefelammonium zur Lösung eines Eisenoxydulsalzes, so entsteht ein schwarzes flockiges Hydrat des Eisensulphürs, giebt man eine Eisenoxydlösung tropfenweise in Schwefelammonium, so bildet sich ein Eisensulphidhydrat.

Ein inniges Gemenge von zwei Theilen Einfach-Schwefeleisen mit einem Theile Schwefel liefert bei abgehaltener Luft und bei einer nicht bis zum Glühen gesteigerten Hitze ein gelbes Metallpulver, welches der

Digitized by Google

Einwirkung von verdünnter Salz- und Schwefelsäure widersteht. Dieses Pulver ist zusammengesetzt aus:

Eisen . . .	100
Schwefel . .	114.

Es ist Zweifach-Schwefeleisen, welches als Mineral sehr häufig vorkommt, und zwar gewöhnlich in den gelben Krystallen des Schwefelkieses, deren Dichte 4,9 bis 5,1 beträgt, seltener in den grauen des Speerkieses, deren Dichte nur 4,6 bis 4,8 ist.

Das Zweifach-Schwefeleisen verliert, wenn es ohne Luftzutritt erhitzt wird, zuerst drei Siebentheile seines Schwefelgehaltes, zuletzt die Hälfte, indem Einfach-Schwefeleisen zurückbleibt. Reiner Schwefelkies und ebenso reiner Speerkies verwittert nicht an feuchter Luft. Die strahligen Arten des Speerkieses, welche sich rasch mit einem Ueberzuge von Eisenvitriol bedecken und aus einander fallen, enthalten immer Einfach-Schwefeleisen sehr fein eingesprengt.

Viele Schwefelkiese und Speerkiese, wie diejenigen, die in den Stein- und Braunkohlen lagern, sind durch verwesende organische Substanzen aus schwefelsaurem Eisenoxydul oder Oxyd reducirt.

Wenn Zweifach-Schwefeleisen so weit geglüht ist, daß es $^3/_7$ seines Schwefelgehaltes verloren hat, so hinterbleibt eine Verbindung von:

Eisen . . .	59,6
Schwefel . .	40,4,

welche als Eisensulphürsulphid dem Eisenoxydul oxyd entspricht und wie dieses von Magneten angezogen wird. Als Mineral führt sie den Namen Magnetkies, ist tombakbraun und hat die Dichte 4,5 bis 4,7.

Eisen und Chlor. Löst man Eisen in Salzsäure auf, so erhält man §. 299. eine Lösung von Eisenchlorür, welche, bei abgehaltener Luft abgedampft, nach dem Erkalten hellblaue wasserhaltige Krystalle absetzt. Nur bei abgehaltener Luft oder in einem Strome von Wasserstoffgas lassen sich dieselben durch Erhitzen entwässern. Das trockene Eisenchlorür bildet eine weiße krystallinische, in der Rothglühhitze schmelzbare Masse, welche an der Luft schnell zerfließt; es besteht aus:

Eisen . . .	46,6
Chlor . . .	53,4.

Leitet man Chlorgas über gelinde erhitztes Eisen, so bildet sich Eisenchlorid, bestehend aus:

Eisen . . .	33,7
Chlor . . .	66,3.

Dasselbe ist eisenschwarz metallglänzend und verflüchtigt sich schon bei einer Temperatur, etwas höher, als der Siedepunkt des Wassers; an der

Digitized by Google

Luft zerfließt es. Ein wäſſeriges Eiſenchlorid erhält man durch Auflöſen des Eiſenoxydes in Salzſäure, oder des Eiſens in Königswaſſer.

---

29. Kobalt.

§. 300. **Vorkommen, Darſtellung und Eigenſchaften des Kobaltes.** Das Kobalt findet ſich in der Natur nicht gerade ſehr häufig. Seine Hauptvorkommniſſe ſind der Kobaltkies, der Speiskobalt und der Glanzkobalt; das erſte Mineral iſt eine Verbindung von Kobalt und Schwefel, das zweite von Kobalt und Arſenik, das dritte von Kobalt mit Schwefel und Arſenik zugleich. Dieſe Erze werden durch Röſten oder Auflöſen in Salpeterſäure oxydirt und das gewonnene Oxyd mittelſt Kohle oder Waſſerſtoff desoxydirt. Allein alle drei Erze enthalten neben dem Kobalt noch Wismuth, Zinn, Kupfer, Mangan, Nickel und Eiſen, welche die Abſcheidung des Kobaltes ſehr erſchweren.

Das Kobalt iſt röthlich-grau und hat einen ſchwachen Metallglanz. Seine Dichte iſt 8,6. Es iſt ſo ſpröde, wie Gußeiſen, und ſchmilzt etwas leichter, als Eiſen. Es wird vom Magnet ſchwach angezogen, allein da es nie ganz eiſenfrei dargeſtellt werden kann, ſo iſt es zweifelhaft, ob ihm für ſich dieſer Magnetismus zukomme.

§. 301. **Kobalt und Sauerſtoff.** Zu dem Sauerſtoffe zeigt das Kobalt faſt daſſelbe Verhalten, wie das Eiſen; es vereinigt ſich damit in zwei Verhältniſſen,

100 Kobalt mit 27 Sauerſtoff geben Kobaltoxydul
100 » » 40,7 » » Kobaltoxyd.

Das Kobaltoxydul wird durch gelindes Glühen ſeines kohlenſauren Salzes als ein graugrünes Pulver gewonnen. Es iſt eine ſtarke Baſis; ſeine waſſerhaltigen Salze ſind roth und werden durch Entwäſſern meiſtens blau. Aus den wäſſerigen Auflöſungen derſelben ſcheiden die Alkalien roſenrothes Oxydulhydrat ab. Das Kobaltoxydul färbt die Glasflüſſe ſchön blau. Durch Zuſammenſchmelzen geröſteter Kobalterze mit Quarzſand und Pottaſche wird ein dunkelblaues Glas erhalten, deſſen Pulver die Smalte liefert.

Das Kobaltoxyd bleibt bei gelindem Glühen des ſalpeterſauren Kobaltoxyduls als braunſchwarze Maſſe zurück. Auch dieſes verbindet ſich mit den meiſten Säuren zu Salzen, welche jedoch in der Wärme, wie im Lichte, leicht in Oxydulſalze übergehen. Mit den Alkalien geht es Verbindungen ein, die im Waſſer mit blauer Farbe löslich ſind, und in denen es die Stelle der Säure vertritt.

Digitized by Google

Kobalt und Schwefel. Mit dem Schwefel verbindet sich das Ko- §. 302.
balt sehr leicht, wenn man sein Oxyd mit Schwefel zusammenschmilzt. Je nach der Menge des Schwefels entsteht eine Verbindung von

100 Kobalt	mit	54,2	Schwefel, Kobaltsulphür oder Einfach-Schwefelkobalt
100 »	»	72,3	» Kobaltsulphid oder Anderthalb-Schwefelkobalt
100 »	»	108,5	» Zweifach-Schwefelkobalt.

Der Kobaltkies ist Kobaltsulphür. Seine Dichte ist 4,9; er hat Metallglanz und eine helle Metallfarbe.

---

30. Nickel.

Vorkommen, Darstellung und Eigenschaften des Nickels. §. 303.
Das Nickel findet sich in der Natur ungefähr ebenso häufig, wie das Kobalt. Seine gewöhnlichen Erze sind Verbindungen mit Schwefel und Arsenik und mit Schwefel- und Arsenikmetallen. Seine Darstellung beruht auf einer Oxydation der Erze durch Rösten und Reduction der Oxyde mittelst Kohle oder Wasserstoff.

Das Nickel ist ein stark glänzendes Metall, dessen Farbe zwischen Silberweiß und Stahlgrau mitten inne steht. Es ist hart und sehr polirfähig, und sehr dehnbar. Seine Dichte ist 8,8 bis 8,9. Es läßt sich schmieden und sogar etwas schweißen. Es schmilzt ungefähr bei derselben Temperatur, wie Mangan. Von Magneten wird es angezogen, wie das Eisen.

Es wird fabrikmäßig dargestellt, da seine Legirung mit Kupfer und Zink als Neusilber, Argentan oder Packfong viel verarbeitet wird. Die durchschnittliche Zusammensetzung des Argentans ist:

55 Kupfer,
25 Zink,
20 Nickel.

Das Argentan ist so hart, daß es eine schöne Politur annimmt; seine Farbe geht aus dem Silberweißen etwas in das Gelbbräunliche; seine Dichte ist 8,4 bis 8,7; an der Luft oxydirt es sich sehr wenig, von Säuren wird es aber sehr leicht angegriffen.

Nickel und Sauerstoff. Das Nickel zeigt im Allgemeinen dasselbe §. 304.
Verhalten zum Sauerstoff, wie das Kobalt; es bildet zwei Oxyde.

Das Nickeloxydul enthält auf 100 Nickel 27,0 Sauerstoff,
» Nickeloxyd » » 100 » 40,5 »

Digitized by Google

Das Nickeloxydul wird wie das Kobaltoxydul durch gelindes Glühen seines kohlensauren Salzes erhalten; es ist aschgrau. Mit den Säuren bildet es meist grüne Salze; aus den Lösungen derselben wird es durch Kali als apfelgrünes Hydrat ausgeschieden.

Das Nickeloxyd ist schwarz.

§. 305. **Nickel und Schwefel.** Auch das Nickel vereinigt sich leicht mit dem Schwefel, wie das Kobalt, und in mehreren Verhältnissen.

---

31. Zink.

§. 306. **Vorkommen, Darstellung und Eigenschaften des Zinks.** Das Zink, welches jetzt zur Bedachung, zur Anfertigung von Wasserrinnen und Wasserbehältern eine sehr ausgedehnte Anwendung gefunden hat, wird erst seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts in Europa dargestellt.

Obgleich das Zink kein gerade seltenes Element ist, so findet es sich natürlich doch nicht im isolirten Zustande, sondern entweder als Oxyd, oder als Schwefelmetall. In organischen Stoffen ist es bis jetzt noch nicht gefunden worden.

Das Zink ist blaulich-grauweiß und stark metallglänzend. Bei gewöhnlicher Temperatur ist es spröde, bei 120° C. wird es biegsam und dehnbar, über 200° C. aber wieder so brüchig, daß es sich leicht pulvern läßt. Die Dichte des geschmolzenen Zinks ist 6,9; die des gewalzten 7,2. Es schmilzt etwas über 400° C. und verdampft in schwacher Weißglühhitze.

Das meiste Zink wird aus dem Galmei, welcher entweder kohlensaures oder kieselsaures Zinkoxyd ist, dargestellt. Der Galmei wird geröstet, pulverisirt und mit einem Zusatze von Kohle in feuerfesten Destillirgefäßen einer starken Glühhitze ausgesetzt; die Destillationsproducte sind Kohlenoxydgas und Zinkdampf, indem die Kohle reducirend auf das Zinkoxyd wirkt; der Zinkdampf condensirt sich in der Vorlage.

Das gewöhnliche käufliche Zink enthält stets etwas Blei, Kadmium und Eisen.

§. 307. **Zink und Sauerstoff.** Bei gewöhnlicher Temperatur überzieht sich das Zink in feuchter Luft mit einer grauen Haut von Zinkhyperoxyd. Diese Haut schützt aber das darunter liegende Metall vor einem weiteren Angriffe und bedingt auf diese Weise den praktischen Werth des Zinks.

Wenn Zink an der Luft bis zum Glühen erhitzt wird, so verbrennt es mit blendendem Lichte zu weißem Zinkoxyd, welches zum Theil als eine feinflockige Masse umherfliegt.

Digitized by Google

Dasselbe besteht aus:

Zink . . .	80
Sauerstoff .	20.

Erhitzt färbt es sich citronengelb und verflüchtigt sich in der Weißgluth. Mit Kohle gemengt, giebt es in der Rothglühhitze Kohlenoxydgas und Zinkdampf. Unter einem Strome von Wasserstoffgas erhitzt, wird es nur sehr schwierig reducirt. Das Zinkoxyd ist eine sehr starke Basis und entsteht daher stets, wenn Zink mit einer wässerigen Säure übergossen wird, unter Wasserzersetzung und Wasserstoffgasentwickelung. Die Zinkoxydsalze sind in Wasser meistens löslich und haben einen widrig herben Geschmack; sie wirken Brechen erregend.

Das neutrale kohlensaure Zinkoxyd ist das vorzüglichste Zinkerz, der Zinkspath. Es ist in Wasser unlöslich. In der Hitze verliert es seine Kohlensäure. Es enthält:

Zinkoxyd . .	64,6
Kohlensäure .	35,4.

Das neutrale schwefelsaure Zinkoxyd ist bekannt unter dem Namen weißer Vitriol oder Zinkvitriol; die gewöhnlichen Krystalle enthalten eine beträchtliche Menge Wasser; sie sind zusammengesetzt aus:

Zinkoxyd . .	28,1
Schwefelsäure	27,9
Wasser . .	44,0.

An der Luft verwittern sie schwach, bei 100° C. verlieren sie sechs Siebentheile ihres Wassergehaltes, in der Glühhitze den Rest. In Wasser lösen sie sich leicht auf.

Ein basisch kieselsaures Zinkoxyd ist das als Zinkerz verwendete Zinkglas. Seine Zusammensetzung ist:

Zinkoxyd . .	66,8
Kieselsäure .	25,7
Wasser . .	7,5.

In Säuren löst es sich unter Abscheidung von Kieselgallerte. In der Hitze verliert es sein Wasser.

Zink und Schwefel. Zink und Schwefel vereinigen sich nur in §. 308.
geringer Menge mit einander, wenn sie zusammengeschmolzen werden. Im Mineralreiche findet sich aber Zinksulphür, eine Verbindung von:

Zink . . .	66,8
Schwefel . .	33,2

sehr häufig als Zinkblende. Diese ist sehr schwer schmelzbar; an der Luft erhitzt, oxydirt sie sich nur langsam zu Zinkoxyd und schwefelsaurem Zinkoxyde, unter Entwickelung von schwefliger Säure.

Digitized by Google

Aus den Lösungen der Zinkoxydsalze wird durch Schwefelammonium ein wasserhaltiges Schwefelzink ausgeschieden, bestehend aus:

Zink . . .	56,3
Schwefel . .	28,0
Wasser . .	15,7.

Dieses löst sich in Säuren leicht auf.

§. 309. **Zink und Chlor.** Das Zink löst sich in Salzsäure unter Wasserstoffgasentwickelung rasch auf. Die bis zur Syrupsdicke eingedampfte Lösung setzt kleine leicht zerfließliche Krystalle ab, welche enthalten:

Zink . . .	42,0
Chlor . . .	46,2
Wasser . .	11,8.

Wird die Lösung bis zur Trockne eingedampft und dann in einer Retorte geglüht, so bleibt zuletzt eine weißliche, weiche Masse zurück, welche etwas über 100° C. schmilzt und in der Glühhitze verdampft. Diese ist wasserleeres Chlorzink; ihre Zusammensetzung ist:

Zink . . .	47,6
Chlor . . .	52,4.

32. Kadmium.

§. 310. Viele Arten von Zinkblende und Galmei enthalten neben dem Zink ein anderes Metall, das Kadmium, welches aus Lösungen mit vorherrschender Säure durch Schwefelwasserstoff als gelbes Schwefelmetall ausgeschieden wird, während das Zink unter diesen Umständen aufgelöst bleibt.

Das Kadmium ist ein sehr wenig verbreitetes Element. Es ist zinnweiß, stark glänzend, weich und biegsam. Seine Dichte ist 8,6. Es schmilzt, ehe es rothglüht, und verdampft bei etwa 360° C. Bei gewöhnlicher Temperatur oxydirt es sich nur wenig; an der Luft erhitzt, verbrennt es leicht zu braunem Oxyd, welches einen braunen Rauch bildet.

Eine technische Anwendung von einiger Bedeutung hat das Kadmium noch nicht gefunden.

Digitized by Google

33. Uran.

Das Uran ist ein wenig verbreitetes und sparsam vorkommendes Ele- §. 311.
ment; es findet sich nur im oxydirten Zustande. Sein Hauptvorkomm-
niß ist das Uranpecherz oder die Pechblende, welche Uranoxydoxy-
dul ist, aber zu einem Viertheil mit fremdartigen Stoffen verunreinigt.

Das Uranoxydoxydul mit Kohle oder Wasserstoffgas erhitzt, wird nur zu Uranoxydul reducirt. Das Uranoxydul ist eine Salzbase; in seinen Lösungen oxydirt es sich leicht zu Uranoxyd. Dieses ist ebensowohl mit starken Säuren, als mit starken Basen zu Salzen verbindbar und führt deshalb auch den Namen Uransäure.

Das Uranmetall kann nur in Form eines schwarzen Pulvers erhalten werden.

---

34. Wismuth.

Vorkommen und Eigenschaften des Wismuths. Das Wis- §. 312.
muth kommt nicht sehr häufig und dann meist als Metall in anderen Gesteinen fein eingesprengt vor, aus denen es durch bloßes Ausschmelzen gewonnen wird.

Das Wismuth ist röthlich zinnweiß. Es hat stets ein blättriges Gefüge und ist sehr spröde. Seine Dichte ist 9,79; nimmt aber sonderbarer Weise um so mehr ab, einem je stärkeren Drucke man es aussetzt, bis auf 9,56. Es schmilzt schon bei 264° C. und verflüchtigt sich in der Weißglühhitze.

Das Wismuth giebt mit Blei und Zinn eine Legirung, deren Schmelzpunkt je nach dem Verhältnisse der 3 Metalle bis mehrere Grade unter den Siedepunkt des Wassers sinken kann. Am leichtflüssigsten ist die Legirung von 5 Theilen Wismuth, 3 Theilen Blei und 2 Theilen Zinn, sie schmilzt bei 73°,3 R. oder 91°,6 C.

Wismuth und Sauerstoff. An der Luft oxydirt sich das Wismuth §. 313.
nur bei höherer Temperatur; bis zum Sieden erhitzt, verbrennt es mit schwach-bläulich weißer Flamme. Das gewöhnliche Wismuthoxyd besteht aus:

Wismuth . .	89,9
Sauerstoff .	10,1.

Es ist ein strohgelbes Pulver, welches leicht schmilzt. Mit den Säuren bildet es Salze, welche auch entstehen, wenn man Wismuthmetall in Säuren löst. Die meisten Wismuthoxydsalzlösungen werden durch Was-

Digitized by Google

ſer zerſetzt in ſaure lösliche und baſiſche unlösliche Salze. Das baſiſch ſalpeterſaure Wismuthoxyd iſt ein ſeiden- oder perlglänzendes ſehr fein kryſtalliniſches Pulver, welches als weiße Schminke benutzt wird.

Außer dieſem Oxyde giebt es noch ein Wismuthhyperoxyd und eine Wismuthſäure; ſie entſtehen, wenn Wismuthoxydhydrat in Kalilöſung eingerührt und durch die Kalilöſung Chlorgas geleitet wird.

35. Blei.

§. 314. **Vorkommen, Darſtellung und Eigenſchaften des Bleies.** Das Blei iſt ein ſeit den älteſten Zeiten bekanntes Metall. Es findet ſich aber nur als größte Seltenheit im gediegenen Zuſtande. Das gewöhnlichſte Bleierz iſt der Bleiglanz, eine Verbindung von Blei mit Schwefel; aus ihm wird das meiſte Blei gewonnen. Entweder wird der Bleiglanz durch Röſten in ein Gemenge von Bleioxyd, ſchwefelſaurem Bleioxyd und Blei verwandelt, und aus dieſem Gemenge durch Schmelzen mit Kohle, gewöhnlich auch mit Kalk unter Abſcheidung von Schlacke das Bleioxyd und ſchwefelſaure Bleioxyd reducirt, oder er wird mit Eiſen zuſammengeſchmolzen, ſo daß ſich Schwefeleiſen bildet und Blei. Im letzten Falle kann jedoch anſtatt des Eiſens auch ein eiſenoxydhaltiges Erz oder Hüttenproduct mit Zuſatz von Kohle angewendet werden. In beiden Fällen iſt die Entſchwefelung des Bleies nach dem erſten Umſchmelzen nicht vollſtändig, das Blei fällt nicht ganz rein aus, und ein Theil deſſelben geht mit in die Schlacke über. Das natürlich vorkommende kohlenſaure Bleioxyd, der Bleiſpath, ſo wie das als Hüttenproduct bei der Abſcheidung von Gold und Silber häufig abfallende Bleioxyd, die Bleiglätte, werden durch Kohle in der Hitze reducirt.

Das Blei iſt ſehr weich und zäh. Es läßt ſich mit dem Meſſer ſchneiden und zu ſehr dünnen Platten auswalzen, auf Papier geſtrichen färbt es ſchwach ab. Seine Dichte iſt 11,44. Bei 325° C. ſchmilzt es; in der Rothglühhitze fängt es an zu verdampfen, und in der Weißglühhitze kocht es.

§. 315. **Blei und Sauerſtoff.** Das Blei oxydirt ſich ſehr leicht. Schon bei gewöhnlicher Temperatur wird ſeine glänzende metalliſche Oberfläche bald matt, indem ſie ſich mit einem Oxydhäutchen überzieht; von verdünnten Säuren wird es jedoch wenig angegriffen.

Das Blei verbindet ſich mit dem Sauerſtoff in 5 verſchiedenen Verhältniſſen:

Digitized by Google

100 Blei verbinden sich mit 3,4 Sauerstoff zu Bleihyperoxyd,
100 » » » » 6,8 » » Bleioxyd,
100 » » » » 7,0 » » Bleisesquioxyd,
100 » » » » 11,3 » » Bleihyperoxydul,
100 » » » » 13,6 » » Bleihyperoxyd.

Bleioxyd. Wird das Blei an der Luft geschmolzen, so überzieht es sich §. 316.
mit einer grauen Haut und verwandelt sich, wenn man diese Haut jedesmal nach ihrer Bildung abzieht, in ein gelbgraues pulveriges Gemenge von Blei und Bleioxyd, in die sogenannte Bleiasche. Die Bleiasche läßt sich leicht schmelzen und geht dann an der Luft in reines Oxyd über. Gewöhnlich stellt sich das Bleioxyd als ein gelbes oder röthlich-gelbes Pulver dar, welches die sehr bedeutende Dichte von 9,5 hat. Es schmilzt in der Rothglühhitze und verflüchtigt sich in der Weißglühhitze; nach dem Schmelzen erkaltet, erstarrt es zu einer schuppigen Masse. In Wasser ist es löslich, aber nur so schwach, daß etwa 70000 Theile Wasser 1 Theil Bleioxyd aufnehmen.

Das Bleioxyd ist eine sehr starke Basis. Die Bleioxydsalze sind in Wasser meistens unlöslich, in verdünnter Salpetersäure dagegen lösen sie sich fast alle. Die in Wasser löslichen Salze schmecken süßlich und wirken giftig.

Durch die Alkalien wird aus den Lösungen der Bleioxydsalze weißes Bleioxydhydrat gefällt, welches sein Wasser erst bei etwa 140° C. verliert.

Unter den Bleioxydsalzen ist das basisch kohlensaure Bleioxyd, das Bleiweiß, am bekanntesten. Es besteht aus:

Bleioxyd . .	87,9
Kohlensäure .	8,6
Wasser . .	3,5

und stellt eine weiße erdige Masse dar, welche von allen weißen Farben am stärksten deckt.

Der bergmännisch an mehreren Orten gewonnene Bleispath ist neutrales kohlensaures Bleioxyd.

Das Bleioxyd wird sehr leicht durch Kohle, Kohlenoxydgas und Wasserstoffgas in der Hitze reducirt. Aus seinen Lösungen wird durch Zink und Zinn, auch durch Eisen metallisches Blei ausgeschieden.

Wird das Bleioxyd längere Zeit bei Luftzutritt in dunkler Rothglühhitze erhalten, so oxydirt es sich zu Bleihyperoxydul. Dieses ist ein scharlachrothes krystallinisch körniges Pulver, bekannt unter dem Namen Mennige und als rothes Farbematerial vielfach verwendet. In starker Glühhitze verliert es Sauerstoff und reducirt sich zu Bleioxyd. Durch Salpetersäure und andere, entweder verdünnte oder schwächere

Digitized by Google

Säuren wird ein Oxydſalz daraus aufgenommen und Hyperoxyd zurückgelaſſen.

§. 317. **Bleihyperoxyd.** Das Bleihyperoxyd iſt ein ſchwarzbraunes Pulver, welches ſehr leicht Sauerſtoff an oxydirbare Stoffe abtritt. So entzündet es Schwefel, welcher mit ihm zuſammengerieben wird, unter Bildung von Schwefelblei. Mit Vitriolöl übergoſſen, zerfällt es in Sauerſtoff und ſchwefelſaures Bleioxyd; ebenſo zerſetzt es ſich unter dem Einfluß von Licht und Wärme. Beim Zuſammenreiben mit $\frac{1}{8}$ Zucker und anderen organiſchen Stoffen erglüht es.

Das Bleioxyd und noch mehr das Bleihyperoxyd vereinigen ſich auch mit ſtarken Baſen, wie mit den Alkalien, wenn ſie damit zuſammengeſchmolzen werden, und vertreten in dieſen Verbindungen die Stelle der Säuren. Dies Bleihyperoxydul kann auch als eine Verbindung von Bleioxyd mit Bleihyperoxyd angeſehen werden.

§. 318. **Blei und Schwefel.** Mit dem Schwefel vereinigt ſich das Blei ſehr leicht, wenn man es damit zuſammenſchmilzt. Die wichtigſte Schwefelverbindung des Bleies iſt das gewöhnliche Bleierz, der Bleiglanz, welcher in röthlich-grauen metallglänzenden Kryſtallen von 7,6 Dichte vorkommt. Seine Zuſammenſetzung iſt:

Blei	87
Schwefel . .	13.

Er iſt ſehr ſpröde und weich, ſo daß er ſich leicht pulvern läßt. In ſtarker Rothglühhitze ſchmilzt er und verdampft unzerſetzt, wenn der Luftzutritt abgehalten iſt. An der Luft oxydirt er ſich ſchon bei gelindem Glühen; er verliert dabei einen Theil ſeines Schwefelgehaltes in Form von ſchwefliger Säure, während ſich ſchwefelſaures Bleioxyd bildet und etwa die Hälfte des Bleigehaltes reducirt wird. Schwefelblei und Bleioxyd reduciren ſich, ohne zuſammenzuſchmelzen, unter Bildung von ſchwefliger Säure, wenn vom erſten etwas mehr als halb ſo viel vorhanden iſt, als vom letzten. Das Schwefelblei löſt ſich in ſchwachen oder mit Waſſer verdünnten Säuren nicht auf. Durch mäßig concentrirte Salpeterſäure wird es unter theilweiſer Abſcheidung des Schwefels oxydirt und aufgelöſt. In concentrirter Salzſäure löſt es ſich unter Entwickelung von Schwefelwaſſerſtoffgas.

Leitet man einen Strom von Schwefelwaſſerſtoffgas durch die Löſung eines Bleioxydſalzes, oder ſetzt man Schwefelammonium hinzu, ſo bildet ſich dieſelbe Verbindung, wie ſie im Bleiglanze vorhanden iſt, als ſchwarzer oder ſchwarzbrauner flockiger Niederſchlag, deſſen Entſtehung weder durch ein Vorwalten von Säure in der Löſung, noch von Alkalien verhindert wird.

Digitized by Google

36. Kupfer.

Vorkommen, Darstellung und Eigenschaften des Kupfers. §. 319. Das Kupfer ist seit den ältesten Zeiten bekannt; sein Name rührt von der Insel Cypern her, wo es im Alterthume vorzüglich gegraben und verschmolzen wurde.

In geringer Menge findet es sich als gediegenes Kupfer, häufiger als Oxyd und dann gewöhnlich mit Kohlensäure verbunden, am häufigsten als Schwefelmetall für sich oder in Verbindung mit anderen Schwefelmetallen.

Aus den Erzen, welche ein reines Oxyd des Kupfers enthalten, oder ein kohlensaures Salz desselben, wird das Kupfer durch Erhitzen mit Kohle gewonnen.

Das meiste Kupfer liefern seine Schwefelverbindungen. Diese werden abwechselnd geröstet und geschmolzen. Durch das Rösten wird ein Theil des Schwefels verflüchtigt und das beigemengte Eisen oxydirt, welches bei dem darauf folgenden Schmelzen mit Kieselerde verbunden und als Schlacke entfernt wird, während eine niedrige leicht schmelzbare Schwefelverbindung des Kupfers, das Kupfersulphür, gemengt mit kleinen Mengen von anderen Schwefelmetallen, als Kupferstein zurückbleibt. Nach wiederholtem Rösten und Schmelzen wird der Kupferstein erst zu Schwarzkupfer, dann zu Garkupfer, indem der Schwefel verbrennt und die fremden Metalle mit etwas Kupfer in die Schlacke übergehen. Das Garkupfer wird nochmals unter einer Kohlendecke umgeschmolzen, um von den letzten Resten des Schwefels und zugleich von dem während des Garmachens aufgenommenen Sauerstoff befreit zu werden.

Das Kupfer zeichnet sich vor allen Metallen durch seine rothe Farbe aus. Es ist hart, sehr zäh und elastisch, so daß es sich in sehr dünne Blättchen auswalzen und in sehr feine Drähte ausziehen läßt. Seine Dichte ist 8,9. Es läßt sich schmieden und etwas schweißen; sein Schmelzpunkt liegt zwischen dem des Goldes und Silbers; in heftiger Weißglühhitze und im Knallgasgebläse geräth es in's Kochen und verflüchtigt sich.

Bei gewöhnlicher Temperatur oxydirt sich das zusammenhängende Kupfer weder in feuchter, noch in trockener Luft, sobald dieselbe frei ist von Kohlensäure; der gewöhnlichen kohlensäurehaltigen Luft und dem atmosphärischen Wasser ausgesetzt, erhält es eine grünbraune Oberfläche von sogenanntem edlen Rost, welcher den Bronzegußwerken mit der Zeit ein so schönes Aussehen giebt. In der Glühhitze läuft es zuerst an und überzieht sich dann mit einer oxydirten Kruste.

Digitized by Google

§. 320. **Legirungen des Kupfers.** Da das Kupfer außerordentlich zäh ist, und da es sich überdies unter der Glühhitze nur wenig oxydirt, so ist es für viele Zwecke außerordentlich gut brauchbar. Allein noch mehr, als das Kupfer, werden einige seiner Mischungen oder Legirungen mit anderen Metallen verarbeitet, welche vor ihm noch den Vorzug theils einer geringeren Kostbarkeit, theils einer leichteren Bearbeitbarkeit, theils einer größeren Elasticität voraus haben.

Die gewöhnlichste Kupferlegirung ist die mit Zink zu dem bekannten gelben Messing, dessen beste Zusammensetzung ist:

Kupfer . . 65,9
Zink . . . 34,1.

Bei dieser Zusammensetzung hat das Messing im geschmolzenen und langsam erstarrten Zustande die Dichte 7,8, welche aber durch Walzen und Hämmern bis auf 8,5 zunimmt. Nach jedem Ausglühen ist es sehr biegsam, durch anhaltendes Hämmern wird es hart und fast so elastisch, wie Stahl. Es läßt sich vortrefflich feilen, drehen, bohren, aushämmern, zu Draht ziehen und zu Blech auswalzen. Aber es ist nur in der Kälte geschmeidig, in der Glühhitze wird es sehr spröde, über 920° C. erhitzt, schmilzt es. In trockener Luft hält es sich lange unverändert, in feuchter und heißer Luft oxydirt es sich.

Fernere Legirungen von Kupfer und Zink sind das Tomback. Es besteht aus:

Kupfer . . 84,5
Zink . . . 15,5;

und wurde von den Alten zu Schmucksachen, Schwertern und schneidenden Werkzeugen viel verarbeitet.

Je mehr in der Legirung das Kupfer vorherrscht, desto mehr zieht sich ihre Farbe in's Rothe, je mehr das Zink vorherrscht, desto weißer wird die Legirung.

Eine ebenso gewöhnliche Legirung des Kupfers, als mit Zink, die sich besonders häufig in den Metallarbeiten der Alten findet, ist diejenige mit dem Zinn, welche im Allgemeinen als Bronze bezeichnet wird.

Aus 8 bis 11 Theilen Kupfer auf 1 Theil Zinn besteht das Kanonenmetall oder Stückgut.

4 bis 5 Theile Kupfer auf 1 Theil Zinn geben das Glockengut. Nach langsamem Abkühlen wird es äußerst hart, klingend, spröde und schwierig zu feilen; nach der Glühhitze durch Wasser abgekühlt, ist es weich.

321. **Kupfer und Sauerstoff.** Das Kupfer verbindet sich mit dem Sauerstoffe in zwei Verhältnissen:

100 Kupfer geben mit 12,6 Sauerstoff Kupferoxydul
100 » » » 25,2 » Kupferoxyd.

Digitized by Google

Das Kupferoxyd bildet sich, wenn Kupfer an der Luft geglüht wird; es bleibt zurück, wenn man schwefelsaures, kohlensaures oder salpetersaures Kupferoxyd gelinde glüht. Gewöhnlich bildet es ein schwarzbraunes bis schwarzes Pulver. Durch Kohle oder Wasserstoff wird es schon in gelinder Hitze reducirt. Mit Kupfer gelinde geglüht, wird es zu Oxydul.

Das Kupferoxydul ist bräunlich-purpurroth und hat in größeren Krystallen einen diamantartigen Metallglanz. Das Rothkupfererz besteht daraus; es hat die Dichte 5,3.

Das Kupferoxyd ist ein starkbasisches Oxyd, das Kupferoxydul zerfällt gewöhnlich bei Behandlung mit Säuren in Oxyd, welches sich auflöst, und in Metall, welches sich ausscheidet, zeigt also das Verhalten der Hyperoxyde.

Salze des Kupferoxydes. Die Kupferoxydsalze sind meistens in Wasser löslich; im wasserfreien Zustande sind sie farblos, im wasserhaltigen und aufgelösten blau oder grün. §. 322.

Durch Kali wird das Kupferoxyd aus den Lösungen seiner Salze als blaßblaues Hydrat niedergeschlagen; wird aber die Flüssigkeit bis zum Sieden erhitzt, so wird der Niederschlag schwarz, indem er sein Hydratwasser verliert. In Ammoniak löst sich das Kupferoxyd mit schön blauer Farbe auf.

Steckt man ein Stück Eisen oder Zink in eine Kupferlösung, so überzieht es sich mit einer rothen Oberfläche, welche bei größerer Dicke abfällt. Das Kupfer wird vollständig ausgeschieden und an seiner Stelle geht Eisen oder Zink in die Lösung über. Dieselbe Wirkung äußern auch noch einige andere Metalle.

Unter den Kupfererzen finden sich zwei basisch-kohlensaure Kupferoxyde, der Malachit und die Kupferlasur.

Das neutrale schwefelsaure Kupferoxyd oder der Kupfervitriol bildet schöne blaue Krystalle, welche bestehen aus:

Kupferoxyd . .	32
Schwefelsäure .	32
Wasser . . .	36.

Dasselbe bildet sich bei der Verwitterung von Schwefelkupfererzen, schneller bei ihrer Röstung. Seine Krystalle lösen sich in 3 Theilen kalten und ½ Theile kochenden Wassers auf. Mit schwefelsaurem Eisenoxydul krystallisirt es leicht zusammen, mit den schwefelsauren Alkalien bildet es leicht krystallisirbare Doppelsalze, mit mehr Kupferoxyd basische Salze.

Kupfer und Schwefel. Schmilzt man Kupfer oder Kupferoxyd mit einem Ueberschusse von Schwefel zusammen, so entsteht eine Verbindung von: §. 323.

Kupfer . . .	80
Schwefel . .	20,

Digitized by Google

welche ſich natürlich als ſchwärzlich-bleigraues, wenig glänzendes Kupferglanzerz findet. Dieſes Kupferſulphür oder Halbſchwefelkupfer ſchmilzt leicht und bei abgeſchloſſener Luft unverändert; an der Luft erhitzt, verbrennt es zu ſchwefelſaurem Kupferoxyd, freiem Kupferoxyd und ſchwefliger Säure.

Wenn durch eine Kupferoxydlöſung Schwefelwaſſerſtoff geleitet wird, ſo bildet ſich Kupferſulphid oder Einfach-Schwefelkupfer, und zwar in braunen Flocken, welche beim Trocknen grünlich werden.

Die häufig vorkommenden Kupfererze, der Kupferkies und das Buntkupfererz, ſind Verbindungen von Schwefelkupfer mit Schwefeleiſen.

---

37. Zinn.

§. 324. **Vorkommen, Darſtellung und Eigenſchaften des Zinns.** Das Zinn iſt ein ſchon im früheſten Alterthume bekanntes Metall; die Phönicier holten daſſelbe aus England. Es findet ſich zwar nicht im gediegenen Zuſtande, kann aber aus dem gewöhnlichen Zinnerze, dem Zinnſteine, auf eine ſehr einfache Weiſe erhalten werden. Der Zinnſtein iſt nämlich Zinnoxyd und dieſes wird durch Kohle reducirt. Das reinſte Zinn liefern die im Schuttlande vorkommenden Zinnſteine, da dieſe bei ihrer bedeutenden Dichte leicht von den übrigen Gemengtheilen des Schuttes vollſtändig geſondert werden können. Wo hingegen das zu verarbeitende Erz von zinnſteinhaltigen Gängen herrührt, enthält es neben dem Zinnſteine andere Metalle, beſonders in Verbindung mit Schwefel, von denen es weder mechaniſch durch Pochen und Waſchen, noch chemiſch durch Röſten befreit werden kann, und welche zugleich mit dem Zinne reducirt werden. Man reinigt das zuerſt gewonnene rohe Zinn dadurch, daß man es eben bis zum Schmelzen erhitzt; das reine Zinn kommt eher in Fluß, als die beigemengten Zinnlegirungen und fließt von ihnen ab.

Das reine Zinn iſt ſehr weich und dehnbar; beim Biegen giebt es ein eigenthümlich kniſterndes Geräuſch. Seine Dichte iſt 7,29. Es ſchmilzt bei 230° C. und ſiedet in der Weißgluth.

Ganz reines Zinn wird ſelten verarbeitet. Gewöhnlich wird auf 4 Theile Zinn 1 Theil Blei zugeſetzt, und dieſe Miſchung giebt das ſogenannte fünfpfündige Zinn.

§. 325. **Zinn und Sauerſtoff.** Eine der Eigenſchaften, welche den praktiſchen Werth des Zinns beſtimmen, beſteht darin, daß es ſich bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft nicht oxydirt. Bis zum Sieden erhitzt,

Digitized by Google

verbrennt es jedoch mit heller, weißer Flamme zu grauer Zinnasche.

Mit dem Sauerstoffe verbindet es sich in drei Verhältnissen.

100 Theile Zinn bilden mit 10,7 Theilen Sauerstoff Zinnoxydul,
100 » » » » 16,0 » » Zinnoxydoxydul,
100 » » » » 21,4 » » Zinnoxyd.

Das Zinnoxydul bildet sich unter Wasserstoffgasentwickelung, wenn man Zinn in verdünnter Salzsäure, Schwefelsäure oder Kalilauge auflöst. Aus der Lösung in Salzsäure wird durch Ammoniak weißes Zinnoxydulhydrat ausgeschieden, welches in schwarzes Zinnoxydul übergeht, wenn man es mit der Flüssigkeit kocht. Das Zinnoxydul ist eine Basis; die Lösungen seiner Salze schmecken sehr unangenehm metallisch, in Berührung mit der Luft oder mit Sauerstoffverbindungen nehmen sie begierig Sauerstoff auf und verwandeln sich in Zinnoxydsalze; so schlagen sie aus den Lösungen der Queckſilber- und Silberoxydsalze metallisches Queckſilber und Silber nieder.

Die Zinnasche ist ein Gemenge von Zinnoxyd und Zinn; durch langes Glühen an der Luft wird sie zu reinem Zinnoxyd, welches ein blaßgelbes, in der Hitze vorübergehend dunkler werdendes Pulver darstellt. Das natürlich vorkommende Zinnoxyd, der Zinnstein, ist sehr hart, gewöhnlich braun durchscheinend. Seine Dichte ist 6,9. Alles Zinnoxyd ist sehr schwer schmelzbar und verdampfbar. Mit Säuren ist es nur verbindbar, nachdem es mit reinen oder kohlensauren Alkalien geglüht worden ist.

Das Zinnoxyd bildet zwei Hydrate, welche in den Salzen wie die Hydrate der Phosphorsäure als zwei verschiedene Oxyde anzusehen sind.

Das gewöhnliche Zinnoxydhydrat oder das *a* Zinnoxyd wird als eine weiße Gallerte aus der Lösung des Zinnchlorides ausgeschieden. Es besteht aus:

Zinnoxyd . .	100
Wasser . . .	24.

Das andere Zinnoxydhydrat oder das *b* Zinnoxyd entsteht, wenn man Zinn durch mäßig starke Salpetersäure oxydirt. Es ist ein weißes Pulver und besteht aus:

Zinnoxyd . .	100
Wasser . . .	12.

Das *a* Zinnoxyd geht sowohl bei längerem Kochen unter Wasser, als auch bei völliger Austrocknung in *b* Zinnoxyd über. Das *b* Zinnoxyd verwandelt sich in *a* Zinnoxyd, wenn es mit Alkalien oder kohlensauren Alkalien geglüht wird.

Das *a* Zinnoxyd löst sich in fast allen Säuren und bildet damit Zinnoxydsalze. Das *b* Zinnoxyd löst sich nicht in Säuren, nimmt aber geringe Mengen von Schwefelsäure und Salzsäure auf.

Digitized by Google

Beide Zinnoxydhydrate sind auch mit Basen verbindbar, und führen deshalb auch den Namen *a*- und *b* Zinnsäure. Die neutralen Salze der *a* Zinnsäure enthalten dreimal mehr Basis, als diejenigen der *b* Zinnsäure. Nur die zinnsauren Alkalien lösen sich in Wasser auf.

§. 326. **Zinn und Schwefel.** Dünn gewalztes Zinn, Stanniol, entzündet sich in Schwefeldampf und bildet Zinnsulphür oder Einfach-Schwefelzinn, eine Verbindung von:

Zinn . . .	100,0
Schwefel .	21,3.

Dieselbe Verbindung entsteht, wenn man Schwefel in geschmolzenes Zinn einträgt; sie ist mit Zinn in jedem Verhältnisse zusammenschmelzbar.

Setzt man Schwefelwasserstoffwasser oder Schwefelammonium zu einer Zinnoxydulsalzlösung, so entsteht ein schwarzbraunes Zinnsulphürhydrat.

Das Zinnsulphid, Zweifach-Schwefelzinn oder Musivgold, eine Verbindung von:

Zinn . . .	100,0
Schwefel .	42,7,

bildet sich am einfachsten, wenn Zinnoxydul oder Zinnoxyd mit Schwefel erhitzt werden, gewöhnlich wird es durch sehr verwickelte chemische Processe dargestellt; es ist goldfarben, metallisch glänzend, feinschuppig. In der Glühhitze zerfällt es in Zinnsulphür und Schwefel, ein Theil davon verdampft jedoch stets unzersetzt.

Auf Zusatz von Schwefelwasserstoff oder Schwefelammonium zu einem Zinnoxydsalze entsteht ein gelbes Zinnsulphidhydrat, welches sein Wasser erst bei einer Hitze verliert, bei welcher auch die Hälfte seines Schwefelgehaltes entweicht.

Das Zinnsulphid entspricht der Zinnsäure auch in der Beziehung, daß es sich mit den basischen Schwefelmetallen leicht zu Schwefelsalzen vereinigt.

§. 327. **Zinn und Chlor.** Die frische Lösung des Zinns in Salzsäure enthält Zinnchlorür aufgelöst, bestehend aus:

Zinn . . .	100,0
Chlor . .	37,4.

An der Luft oxydirt sich dieselbe leicht zu Zinnchlorid, unter Abscheidung von Zinnchlorür-Zinnoxydul, d. h. Zinnoxychlorür; die desoxydirende Wirkung der Zinnoxydulsalzlösungen gehören auch dem Zinnchlorür, und zwar in sehr hohem Grade. Abgedampft und erkaltet liefert die Lösung wasserhaltige Krystalle, welche, bei Luftabschluß erhitzt, zuerst Dämpfe von Wasser und Salzsäure, zuletzt in der Rothglühhitze reine Zinnchlorür-

Digitized by Google

dämpfe geben; diese Dämpfe verdichten sich zu einer weißen fettglänzenden Masse, der Zinnbutter, welche bei 250° C. zu einer öligen Flüssigkeit schmilzt.

Leitet man Chlorgas über schmelzendes Zinn, so entsteht Zinnchloriddampf, der sich zu einer farblosen bei — 23° R. oder — 29° C. noch nicht erstarrenden, bei 120° C. siedenden Flüssigkeit condensirt. In Wasser löst sich dieselbe auf. Die wässerige Lösung entsteht auch, wenn Zinn in Königswasser aufgelöst wird, welches nicht zu viel Salpetersäure enthält.

---

38. Arsenik.

Vorkommen, Darstellung und Eigenschaften des Arseniks. §. 328. Das Arsenik ist schon seit längerer Zeit bekannt, die meisten seiner Verbindungen zeichnen sich durch ihre giftigen Eigenschaften aus.

Das Arsenik findet sich gediegen, aber gewöhnlich mit anderen Metallen, besonders mit Antimon, Wismuth und Blei verunreinigt. Es führt auch den Namen Scherbenkobalt oder Fliegenstein. Seine Verbindungen, vorzüglich mit Schwefel und mit Metallen, sind sehr verbreitet.

Man gewinnt das reine Arsenik durch Destillation oder vielmehr Sublimation theils aus dem natürlich vorkommenden gediegenen Arsenik, theils aus dem Arsenikkies. Es ist ein graulich-weißes, stark glänzendes, sehr sprödes Metall von blätterigem Gefüge. Seine Dichte ist 5,7. Bis zum Glühen oder bis etwas über den Schmelzpunkt des Zinks erhitzt, verdampft es, ohne vorher zu schmelzen; dies findet auch Statt, wenn man die Erhitzung in verschlossenen Gefäßen vornimmt, in denen die bereits gebildeten Dämpfe einen bedeutenden Druck ausüben.

Arsenik und Sauerstoff. Das Arsenik verbindet sich mit dem Sauer- §. 329. stoffe in folgenden Verhältnissen:

100 Arsenik bilden mit 10,7 Sauerstoff Arsenikhyperoxyd,
100 » » » 32 » arsenige Säure,
100 » » » 53,3 » Arsenikſäure.

In feuchter Luft überzieht sich das Arsenik schon bei gewöhnlicher Temperatur mit einer schwarzen Rinde von Arsenikhyperoxyd. Dieses ist flüchtiger, als Arsenik, sein Dampf riecht stark knoblauchartig.

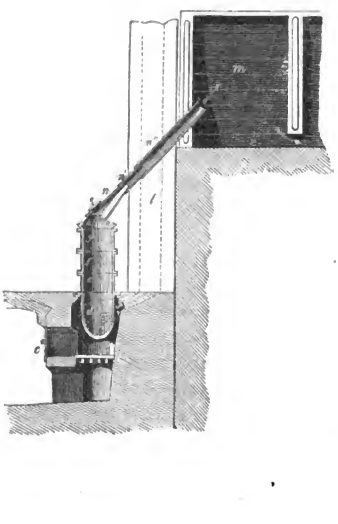
Wird Arsenik an der Luft bis zum Verdampfen erhitzt, so verbrennt

Digitized by Google

es mit blaßblauer Flamme und unter Bildung eines röthlichen Rauches zu arseniger Säure; ein einmal entzündetes Stück Arsenik fährt auch bei niedrigerer Temperatur zwar ohne Flamme, aber rauchend zu verbrennen fort. Unter einer Bedeckung von Wasser verwandelt sich das Arsenik auch bei gewöhnlicher Temperatur in arsenige Säure.

§. 330. **Arsenige Säure.** Die arsenige Säure ist eines der stärksten anorganischen Gifte; man nennt sie auch Arsenikoxyd, weißen Arsenik, Hüttenrauch oder Giftmehl. Im Großen gewinnt man sie dadurch, daß man arsenikhaltige Erze, namentlich Arsenikkies, unter einem schwachen Luftzuge erhitzt und den aus ihnen aufsteigenden Rauch durch eine Reihe von Condensationsräumen hindurchführt, in denen sich die entstandene unreine arsenige Säure absetzt. Diese wird durch eine zweite Sublimation gereinigt; sie wird deshalb in dem über der Feuerung eingemauerten eisernen Kessel *d*, Fig. 232, erhitzt und verdichtet sich theils in den aufgesetzten Ringen *e*, *f*, *g* und im Hute *h*, theils in der Condensationskammer *m*. In den Ringen, deren Temperatur dem Schmelzpunkte der arsenigen Säure nahe steht, setzt sich eine glasige durchsichtige Masse, das weiße Arsenikglas, an. In der Condensationskammer fällt ein feines weißes Krystallmehl nieder. Das weiße Arsenikglas wird nach einigen Monaten trübe und nimmt ein porzellanartiges Aussehen an; das Krystallmehl schmilzt bei rasch gesteigerter Hitze und unter vermehrtem Drucke zu Glas. Weder die glasige, noch die krystallinische Säure verdampfen bei gewöhnlicher Temperatur, beide verflüchtigen sich erst über 200° C.

Fig. 232.



In Wasser löst sich die arsenige Säure, in kaltem sehr langsam, in kochendem etwas schneller. Eine heiß gesättigte Auflösung enthält etwa ein Zehntel ihres Gewichtes davon und setzt ungefähr die Hälfte des Aufgelösten krystallinisch ab, wenn sie erkaltet. Die Lösung röthet das blaue Lackmuspapier schwach, sie schmeckt anfangs herbe, hintennach süßlich.

Digitized by Google

Die arsenige Säure verbindet sich mit den stärkeren Säuren zu Salzen, in denen sie als Arsenikoxyd die Stelle der Basis einnimmt. Mit den starken Basen hingegen bildet sie Salze, in denen sie den sauren Bestandtheil ausmacht. Ihre Verwandtschaft zu den Basen ist jedoch nur gering, so daß sie von ihnen schon durch Kohlensäure getrennt wird. Von den arsenigsauren Salzen sind nur diejenigen mit alkalischer Basis in Wasser auflöslich. Das arsenigsaure Kupferoxyd ist als Scheele'sches oder Schwedisch-Grün eine ausgezeichnete Farbe. Auch das Papagaien-, Braunschweiger-, Berg-, Pickel-, Wiener- und Mitis-Grün enthalten arsenige Säure.

Arsenikſäure. Behandelt man Arsenikmetall oder eines der beiden beſchriebenen Oxyde mit kochender Salpeterſäure, ſo entſteht Arſenikſäure. Man ſtellt dieſelbe gewöhnlich ſo dar, daß man 1 Theil gewöhnliche concentrirte Salzſäure und 12 Theile concentrirte Salpeterſäure mit 4 Theilen arſeniger Säure in einer Retorte abdampft und bis zum ſchwachen Rothglühen erhitzt. Der Rückſtand ſchmilzt dabei zu einem farbloſen Glaſe von reiner Arſenikſäure. Dieſes zerfließt an der Luft und löſt ſich langſam in 6 Theilen kalten Waſſers, ſchneller in 2 Theilen heißen Waſſers. Die Löſung hat einen ſehr ſcharfen und ſauren Nachgeſchmack und wirkt im höchſten Grade giftig; ſie röthet das Lackmuspapier ſtark. §. 331.

Die Arſenikſäure iſt eine viel ſtärkere Säure, als die arſenige. Eigentlich iſt aber nicht die waſſerleere Verbindung als die Säure zu betrachten, ſondern ein Hydrat, beſtehend aus:

Arſenikſäure .	92,8
Waſſer . .	7,2.

Dieſes Hydrat entſpricht der gewöhnlichen Phosphorſäure (vergl. §. 168). In den neutralen Salzen iſt alles Waſſer durch die Salzbaſis verdrängt, deren Sauerſtoffgehalt dem Sauerſtoffgehalte des Hydratwaſſers gleich iſt. Außerdem giebt es aber auch zwei Arten ſaurer Salze, welche dadurch entſtehen, daß entweder nur $\frac{2}{3}$ oder $\frac{1}{3}$ des Hydratwaſſers durch die Baſis verdrängt ſind. Nur die arſenikſauren Alkaliſalze löſen ſich in Waſſer.

Reduction des Arſeniks. Die Oxyde des Arſeniks werden auch in §. 332.
ihren Verbindungen mit Baſen leicht und bei einer kaum die Rothgluth erreichenden Temperatur reducirt ſowohl durch Kohle, als auch durch Waſſerſtoff und dergl. Auf dieſe leichte Reducirbarkeit gründet ſich eine einfache Methode der Erkennung von Arſenikoxydverbindungen. Man bringt ein Körnchen derſelben zugleich mit einem Splitter gut ausgeglühter Kohle

Digitized by Google

in die enge Spitze einer Glasröhre von der Form, Fig. 233, und erhitzt diese Spitze, indem man sie horizontal in eine Spiritusflamme hält. Bei

Fig. 233.

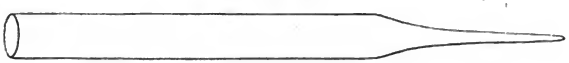
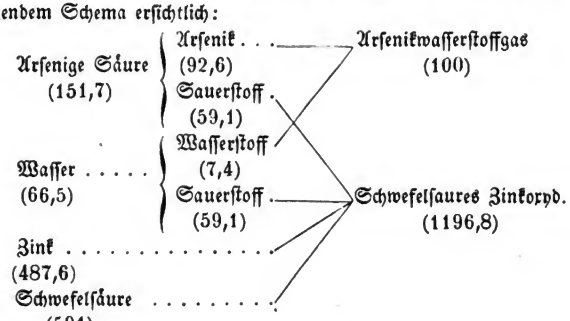


Fig. 234.

einem auch nur schwachen Arsenikoxydgehalte legt sich über der erhitzten Stelle ein braunschwarzer metallglänzender Ring von Arsenik an, wie es Fig. 234 zeigt.

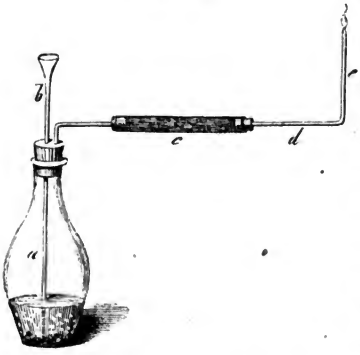
§. 333. **Arsenikwasserstoff.** Löst man Zink in einer arsenige Säure haltenden Salz- oder Schwefelsäure auf, so erhält man ein zwar farbloses Gas, welches sich jedoch von dem reinen Wasserstoffgase schon durch seinen widerlichen, ekelerregenden Geruch unterscheidet. Es ist Arsenikwasserstoffgas. Um es rein ohne Beimengung von Wasserstoff zu erhalten, muß man auf 1 Theil Zink 2 Theile arseniger Säure zusetzen; es hat dann die Dichte 2,7, wird unter — 40° C. zu einer wasserhellen tropfbaren Flüssigkeit condensirt und erregt, auch mit viel Luft gemengt, beim Einathmen Uebelkeit, Schwindel und Beklemmung; es ist wie die anderen Arsenikverbindungen im höchsten Grade giftig. Seine Entstehung ist aus folgendem Schema ersichtlich:



Das Arsenikwasserstoffgas wird vom Wasser zu $\frac{1}{5}$ seines Volumens absorbirt. Zu seiner Darstellung kann man sich des Apparates, Fig. 235,

Digitized by Google

Fig. 235.



bedienen. Ein flammender Körper, über die Oeffnung der Gasleitungsröhre gehalten, entzündet das Gas mit weißer Flamme. Bei hinlänglichem Luftzutritte verbrennt es zu arseniger Säure und Wasser, bei unzulänglichem Luftzutritte scheidet sich Arsenikmetall aus. Hält man z. B. einen kalten Porzellanscherben in die Flamme, so bildet sich da, wo ihn die Flamme trifft, ein bräunlicher metallisch glänzender Fleck. Dies findet noch Statt, auch wenn das Arsenikwasserstoffgas mit sehr viel Wasserstoffgas gemengt ist. Um daher in Flüssigkeiten die geringsten Beimengungen von arseniger Säure zu entdecken, giebt man dieselben durch die Trichterröhre *b* in einen Apparat, in welchem sich ein Strom von Wasserstoffgas nicht zu stürmisch entwickelt; entzündet das Gas an der engen Ausströmungsöffnung und läßt die Flamme an einem Porzellanscherben sich ausbreiten. Allerdings geben Antimonwasserstoffgas und manche organische Stoffe dem bloßen Aussehen nach ähnliche Flecke, die sich aber bei näherer Untersuchung anders verhalten. Darauf beruht die nach Marsh benannte Methode, in Vergiftungsfällen das Arsenik nachzuweisen.

Das Arsenikwasserstoffgas ist leicht zersetzbar. Schon die Hitze einer Weingeistlampe reicht hin, es in seine Bestandtheile zu zerlegen.

Arsenik und Schwefel. Mit dem Schwefel vereinigt sich das Arse- §. 334.
nik leicht, schon beim Zusammenschmelzen und in mehreren Verhältnissen. Die wichtigsten Schwefelverbindungen sind die folgenden:

Von 100 Arsenik mit 42,5 Schwefel zu Zweifach-Schwefelarsenik,
» 100 » » 63,8 » » Dreifach-Schwefelarsenik,
» 100 » » 212,8 » » Fünffach-Schwefelarsenik.

Das Zweifach-Schwefelarsenik ist schön roth und durchscheinend, es findet sich auch als Mineral und führt auch die Namen rothes Schwefelarsenik, Realgar, Sandarach oder Rubinschwefel. Man erhält es am einfachsten, wenn man Schwefelkies und Arsenikkies zusammen destillirt, wobei das eine Erz den Schwefel, das andere den Arsenik her-

Digitized by Google

giebt. Mit Salpeter verpufft es unter sehr lebhafter Lichtentwickelung. Im indischen Weißfeuer, welches aus 24 Theilen Salpeter, 7 Theilen Schwefel und 2 Theilen Realgar gemengt ist, macht es einen Hauptbestandtheil aus.

Das Dreifach-Schwefelarsenik findet sich ebenfalls in der Natur; es wird auch gelbes Schwefelarsenik, Auripigment, Operment oder Rauschgelb genannt. Es entsteht, wenn man Schwefelwasserstoff durch eine Lösung leitet, welche arsenige Säure enthält, und zugleich eine andere starke Säure. Als Farbe giebt es das ausgezeichnet schöne Königsgelb. Aus weißem Arsenik und Schwefel durch Sublimation bereitet, enthält das Königsgelb arsenige Säure, die durch heißes Wasser ausgezogen werden kann, und ist dann sehr giftig.

Leitet man durch eine verdünnte Lösung von Arsenikſäure einige Tage lang Schwefelwasserstoffgas, so entsteht das blaßgelbe Fünffach-Schwefelarsenik.

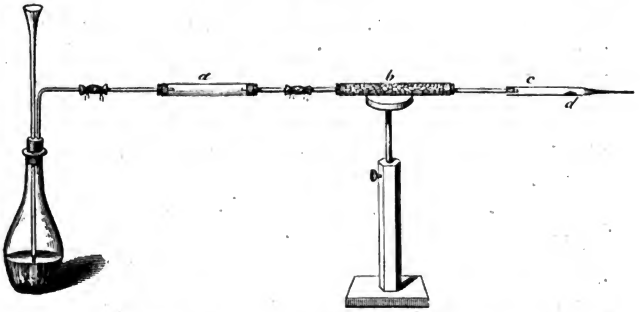
Alle genannten Schwefelungsstufen des Arseniks sind leicht schmelzbar und wenigstens bei abgehaltener Luft unzersetzt verdampfbar. Sie haben eine große Neigung, sich mit den basischen Schwefelmetallen zu Schwefelsalzen zu vereinigen; ihre Verbindungen mit den Schwefelalkalimetallen sind in Wasser löslich.

§. 335. **Nachweisung des Arseniks bei Vergiftungen.** Soll, um den Verdacht einer Vergiftung durch Arsenik zu begründen, die Anwesenheit desselben in einer Speise, einer Leiche, oder überhaupt in einer organischen Substanz nachgewiesen werden, so kocht man diese mit Salzsäure, bis eine filtrirbare Flüssigkeit entsteht, und leitet durch die nach dem Filtriren klare Lösung anhaltend einen Strom von Schwefelwasserstoffgas. Den erhaltenen Niederschlag, welcher neben organischer Substanz alles Arsenik als Schwefelarsenik enthält, behandelt man mit Ammoniak, löst dadurch das Schwefelarsenik auf, dampft es bis zur Trockne ein und reibt die trockene Substanz mit etwa der 10fachen Menge ganz trockenen kohlensauren Natrons zu einer länglichen Pille zusammen, welche in dem Rohre *c*, Fig. 236, bei *d* unter einem langsamen Strome von Wasserstoffgas durch eine untergehaltene Spirituslampe zuerst völlig getrocknet, dann bis zum Glühen erhitzt wird. Das Wasserstoffgas wird auf gewöhnliche Weise bereitet; die Röhre *a* ist mit lockerer Baumwolle gefüllt, die Röhre *b* mit Chlorcalcium, durch beide wird das Wasserstoffgas ausgetrocknet. Das Schwefelarsenik wird in der Glühhitze durch kohlensaures Natron und Wasserstoffgas zersetzt, unter Bildung von Schwefelnatrium und Arsenikdampf, welcher sich auch bei sehr geringer Gewichtsmenge in der kälteren eingezogenen Spitze des Glasrohres *c* als metallischer Beschlag ansetzt. Daß man sich bei derartigen Versuchen vorher davon überzeugen muß, daß sowohl die Schwefelsäure,

Digitized by Google

als auch das Zink arsenikfrei sind, daß also dem angewandten Wasserstoffgase kein Arsenikwasserstoffgas beigemengt ist, versteht sich von selbst. Bei

Fig. 236.



umsichtigem Verfahren können auch die kleinsten Spuren von Arsenik nicht entgehen.

Arsenikmetalle. Mit den meisten Metallen vereinigt sich das Arse- §. 336.
nik zu weißen, metallglänzenden, spröden, leicht schmelzbaren Verbindungen und wird daraus durch Glühen nur theilweise ausgetrieben, wenigstens, wenn der Luftzutritt abgesperrt ist. Die Arsenikmetalle haben mit den Schwefelmetallen, welche den Namen Glanze und Kiese führen, die meiste Aehnlichkeit. Eines der gewöhnlichsten ist der Arsenikkies oder Giftkies; derselbe besteht aus Zweifach-Schwefeleisen und Arsenikeisen, oder in 100 Theilen aus:

Eisen . . .	33,5
Arsenik . .	46,6
Schwefel . .	19,9.

Ohne Luftzutritt geglüht, giebt er nur zu Anfang Dämpfe von Schwefelarsenik, später Arsenikdämpfe unter Zurücklassung von Eisensulphür (vergl. §. 328).

---

39. Antimon.

Vorkommen, Darstellung und Eigenschaften des Antimons. §. 337.
Das Antimon wurde von den Alchymisten des Mittelalters entdeckt. Es findet sich selten gediegen, gewöhnlich in Verbindung mit Schwefel und mit Schwefelmetallen. Es liefert viele Arzneimittel.

Digitized by Google

Man gewinnt es aus dem Spießglanzerze, welches ein gewöhnlich mit anderen Schwefel- und Arsenikmetallen sehr verunreinigtes Schwefelantimon ist. Entweder röstet man dasselbe anhaltend bei einer solchen Hitze, daß keine Schmelzung eintreten kann, und reducirt die durch das Rösten gebildeten Oxyde des Antimons, die Antimonasche, mit Kohle, unter Zusatz von etwas kohlensaurem Natron; oder man schmilzt das Spießglanzerz mit Eisen zusammen und setzt schwefelsaures Natron und Kohle zu. Das Eisen entzieht dem Spießglanze allen Schwefel und scheidet sich mit dem aus schwefelsaurem Natron und Kohle entstandenen Schwefelnatrium zu leicht schmelzbarem Schwefel-Eisen-Natrium verbunden, auf der Oberfläche ab.

Das rohe Antimonmetall enthält noch viel Eisen und Schwefel, auch Blei, Kupfer und Arsenik beigemengt.

Das reine Antimon ist ein weißes glänzendes Metall. Es ist so weich und spröde, daß es sich leicht zu einem schwarzen Pulver zerreiben läßt. Seine Dichte ist 6,71. Es schmilzt bei 430 — 440° C. und verdampft in offenen Gefäßen ziemlich leicht. Während des Erstarrens dehnt es sich stark aus.

§. 338. **Antimonlegirungen.** Durch Zusammenschmelzen erhält man leicht Antimonlegirungen. Das Lettern metall oder Schriftzeug besteht aus etwa 3 Theilen Blei und 1 Theile Antimon. Die Platten zum Stereotypdruck werden aus einer Legirung von 6 Theilen Blei mit einem Theile Antimon gegossen. Eine Legirung von Blei, Zinn und Antimon giebt das zu vielen Gußwaaren verarbeitete Britannia-Metall.

§. 339. **Antimon und Sauerstoff.** An der Luft überzieht sich das Antimon mit einer Oxydschicht; in der Rothglühhitze verbrennt es mit bläulichweißer Flamme zu Oxyd, welches sich als weißer geruchloser Dampf verflüchtigt; das einmal entzündete Antimon fährt fort, auch bei niedriger Temperatur ohne Flamme zu verbrennen, wenn es einem Luftstrome ausgesetzt ist.

Das Antimon verbindet sich mit dem Sauerstoffe in drei Verhältnissen:

100 Antimon bilden mit 18,6 Sauerstoff Antimonoxyd,
100 » » » 24,8 » antimonige Säure,
100 » » » 31,0 » Antimonsäure.

Das Antimonoxyd findet sich als Mineral unter dem Namen Weißspießglanzerz. Man erhält es, wenn man Antimon in einem weiten schiefliegenden Tiegel bis zum Rothglühen erhitzt, als eine krystallinische Decke, welche sich leicht verflüchtigt und in dem oberen kälteren Theile des Tiegels ansetzt. Das Antimonoxyd ist weiß, es löst sich nur sehr wenig in Wasser und verbindet sich mit Säuren zu Antimonoxydsalzen, ist aber auch mit den Alkalien verbindbar. Die Antimonoxydsalze sind

Digitized by Google

in Waſſer ſchwer löslich oder unlöslich; ihre Löſungen haben einen ſchwach metalliſchen Geſchmack und wirken ſtark brechenerregend, ſie werden durch Waſſer leicht zerſetzt in verdünnte Säure, welche wenig Antimonoxyd enthält, und unlösliche baſiſche Salze.

Glüht man Antimonoxyd ſtark an der Luft, ſo oxydirt es ſich zu antimoniger Säure. Dieſe iſt ein weißes, unſchmelzbares, in Waſſer unlösliches Pulver. Mit den baſiſchen Oxyden bildet ſie die antimonigſauren Salze. Nur ihre neutralen Alkaliſalze ſind löslich. Durch Säuren wird aus denſelben ein Hydrat der antimonigen Säure ausgeſchieden, welches in Waſſer etwas, in concentrirter Salzſäure ziemlich leicht löslich iſt.

Das Antimon wird bei gewöhnlicher Temperatur auch von concentrirter Salpeterſäure kaum angegriffen, wenn dieſelbe völlig rein iſt; ſalpetrige Säure und Erwärmung leiten die Oxydation ein, ſo daß das Metall in ein Gemenge von baſiſch-ſalpeterſaurem Antimonoxyd und Antimonſäurehydrat verwandelt wird. Dieſes Gemenge, nicht ganz bis zum Glühen erhitzt, hinterläßt einen citronengelben, in Waſſer unlöslichen Rückſtand von Antimonſäure; in der Hitze wird derſelbe dunkler und zerfällt beim Glühen in antimonige Säure und Sauerſtoff. Die Antimonſäure verbindet ſich mit den baſiſchen Oxyden zu Salzen, von denen nur die neutralen Alkaliſalze in Waſſer löslich ſind. Durch ſtärkere Säuren wird aus ihren Löſungen weißes Antimonſäurehydrat ausgeſchieden, welches in Waſſer und in concentrirter Salzſäure etwas löslich iſt.

Alle Oxyde des Antimons werden durch Glühen mit Kohle leicht desoxydirt.

Antimonwaſſerſtoffgas. Auch das Antimon verbindet ſich, wie das Arſenik, mit dem Waſſerſtoff zu einem Gaſe. Man erhält daſſelbe ſtets, wenn man Zink in einer Flüſſigkeit auflöſt, welche neben Schwefelſäure ein Oxyd des Antimons enthält, oder wenn man Schwefelſäure auf eine Antimon-Zinklegirung einwirken läßt. Das Antimonwaſſerſtoffgas hat viel Aehnlichkeit mit dem Arſenikwaſſerſtoffgaſe; es iſt farblos, von widerlichem Geruche und leicht zerſetzbar; ſchon unter der Glühhitze zerfällt es in ſeine Beſtandtheile. An der Luft entzündet, verbrennt es mit bläulich-weißer Flamme unter Bildung eines weißen Dampfes; eine dicht an die Flamme gehaltene Porzellanplatte bedeckt ſich mit ähnlichen metallglänzenden Flecken, wie ſie das Arſenikwaſſerſtoffgas liefert. §. 340.

Das Antimonwaſſerſtoffgas beſteht aus:

Antimon . .	97,7
Waſſerſtoff .	2,3.

Antimon und Schwefel. Verbindungen von Antimon und Schwefel erhält man durch directes Zuſammenſchmelzen. §. 341.

Digitized by Google

100 Antimon und 18,6 Sauerstoff geben Dreifach-Schwefelantimon,
100 » » 31,0 » » Fünffach-Schwefelantimon.

Das Graupießglanzerz, aus welchem das meiste Antimon bereitet wird, ist natürliches, aber gewöhnlich mit anderen Schwefel- und Arsenikverbindungen verunreinigtes Dreifach-Schwefelantimon. Es zeigt eine strahlige Krystallisation, ist schwarzgrau, metallisch-glänzend und so weich und spröde, daß es sich leicht pulverisiren läßt. Sein Schmelzpunkt liegt etwas höher, als derjenige des Metalls. Geschmolzen und langsam erkaltet erstarrt es wieder krystallinisch, schnell erkaltet zeigt es keine krystallinische Structur und giebt ein rothbraunes Pulver. Es ist nur verdampfbar, wenn es in einem Gasstrome erhitzt wird. Glüht man es an der Luft, so entweicht der Schwefel als schweflige Säure. Durch Kohle, Wasserstoff und viele Metalle wird ihm in der Hitze der Schwefel entzogen. Durch Säuren wird es leichter angegriffen, als das Metall.

Leitet man Schwefelwasserstoff durch eine saure Lösung von Antimonoxyd, so erhält man ein orangegelbes Dreifach-Schwefelantimonhydrat ausgeschieden.

Das Dreifach-Schwefelantimon geht eine große Menge von Verbindungen ein sowohl mit anderen Schwefelmetallen, als auch mit Antimonoxyd. Seine Verbindungen mit den Schwefelalkalimetallen sind in Wasser mehr oder weniger vollständig und leicht löslich. Ihre Verbindungen mit dem Schwefeleisen, Schwefelblei, Schwefelkupfer und Schwefelsilber kommen als Mineralien häufig vor; die gewöhnlichsten darunter sind die Fahlerze.

Das Fünffach-Schwefelantimon, der sogenannte Goldschwefel, ist ein lockeres gelbroth bis gelbbraun gefärbtes Pulver. In der Hitze verliert es Schwefel und geht in Dreifach-Schwefelantimon über. Es löst sich in Alkalien unter Bildung von Fünffach-Schwefelantimon-Schwefelalkalimetall, und vereinigt sich mit den basischen Schwefelmetallen zu Schwefelsalzen.

§. 342. **Antimon und Chlor.** Kocht man Antimonpulver, Antimonoxyd oder Dreifach-Schwefelantimon, mit concentrirter Salzsäure, so erhält man eine gelbliche Auflösung, welche das dem Antimonoxyd entsprechende Dreifach-Chlorantimon enthält; wird diese Lösung mit Wasser versetzt, so scheidet sich eine Verbindung von Antimonoxyd mit Dreifach-Chlorantimon als weißes Pulver ab; verdampft man sie bei der Siedehitze in einer Retorte, so entweicht zuletzt wasserleeres Dreifach-Chlorantimon, welches in einer Vorlage für sich verdichtet zu einer weißen krystallinischen Masse, der sogenannten Antimonbutter, erstarrt. Diese schmilzt bei etwa 100° C. zu einer ölartigen Flüssigkeit und siedet bei 180° C.

Digitized by Google

Leitet man Chlorgas durch geschmolzene Antimonbutter, so entsteht ein der Antimonsäure entsprechendes Fünffach-Chlorantimon.

---

40. Tellur.

Das Tellur findet sich im Mineralreiche theils gediegen, theils ver- §. 343.
bunden mit Blei, Wismuth, Silber und Gold, gehört aber zu den seltenen und wenig verbreiteten Elementen.

Das Tellur ist ein silberweißes sprödes Metall von der Dichte 6,2. Es schmilzt etwas leichter, als Antimon und siedet, über den Erweichungspunkt des Glases erhitzt. An der Luft erhitzt, entzündet es sich. Seine Verbindungen sind denen des Schwefels völlig analog gebildet, und entsprechen ihnen auch in den meisten Beziehungen.

---

41. Chrom.

Vorkommen und Eigenschaften des Chroms. Das Chrom ge- §. 344.
hört zu den wenig verbreiteten Elementen, es findet sich nur im oxydirten Zustande, vorzüglich als Chromoxyd, verbunden mit Eisenoxydul, im Chromeisenstein, seltener als Chromsäure, verbunden mit Bleioxyd, im Rothbleierz. In sehr geringen Mengen tritt es als färbender Bestandtheil in manchen Mineralien auf, z. B. im Smaragde und Serpentine.

Aus seinen Oxyden wird das Chrom durch Kohle erst in der Hitze eines sehr starken Essenfeuers als ein grauweißes sprödes Metall reducirt, welches die Dichte 5,9 hat und schwerer schmilzt, als Mangan. An der Luft bleibt es bei gewöhnlicher Temperatur unverändert, erst in der Glühhitze oxydirt es sich. Salzsäure und Schwefelsäure greifen es nicht an, Salpetersäure und Salpetersalzsäure nur langsam.

Chrom und Sauerstoff. Die wichtigsten Verbindungen des Chroms §. 345.
sind diejenigen mit dem Sauerstoffe. Es verbindet sich damit zu einem basischen und zu einem sauren Oxyd.

100 Chrom geben mit 45,6 Sauerstoff Chromoxyd
100 » » » 91,3 » Chromsäure.

Beide werden aus dem Chromeisensteine erhalten, indem man diesen zunächst auf chromsaures Kali verarbeitet. Das fein gemahlene Erz wird mit etwa der Hälfte seines Gewichtes Salpeter gemengt und bei einer

Digitized by Google

anhaltenden Glühhitze damit zusammengeschmolzen. Aus der geglühten Masse zieht Wasser neutrales chromsaures Kali aus, und dieses scheidet sich bei dem Abdampfen in gelben Krystallen aus. Hat man vorher eine starke Säure in hinreichender Menge zugesetzt, so daß sich diese der Hälfte des Kali's bemächtigen kann, so sind die nach dem Abdampfen auskrystallisirenden Krystalle hochgelbroth und bestehen aus saurem chromsauren Kali.

Aus einer heißbereiteten Lösung dieses Salzes wird die Chromsäure durch Vitriolöl krystallinisch ausgeschieden. Ihre Krystalle sind schön roth und schmelzen in der Hitze zu einer rothen Flüssigkeit. An der Luft zerfließen sie; in Wasser lösen sie sich und ertheilen großen Mengen davon eine gelbe Farbe; die Lösung schmeckt sauer und herb.

Die Chromsäure wird leicht zu Chromoxyd reducirt. Ueber ihren Schmelzpunkt erhitzt, zerfällt sie in Chromoxyd und Sauerstoffgas. Ihre Lösung, mit Schwefelwasserstoffgas gesättigt, setzt Schwefel und Chromoxyd ab; auch viele organische Stoffe wirken reducirend darauf, besonders unter Mitwirkung von Licht und Wärme.

Das Chromoxyd steht in seinen Eigenschaften der Thonerde sehr nahe; wie diese ist es nach dem Glühen in Säuren fast unlöslich, erlangt aber die Leichtlöslichkeit, die ihm vor dem Glühen zukommt, wieder, wenn man es mit Alkalien glüht (vergl. §. 263). Das Chromoxyd hat eine schöne grüne Farbe, welche auch das schärfste Feuer aushält. Es wird deshalb zum Färben des Glases gebraucht und dient als Chromgrün zum Porzellanmalen und zum Oelmalen.

§. 346. **Chromoxydsalze.** Auch in seinen Verbindungen zeigt das Chromoxyd eine große Aehnlichkeit mit der Thonerde. Gegen die Säuren verhält es sich als Basis und bildet mit ihnen Salze; mit stärkeren Basen, wie mit Kali und Eisenoxydul, geht es als saurer Bestandtheil Verbindungen ein.

Die meisten Chromoxydsalze sind in Wasser mit grüner Farbe löslich; die Lösungen haben einen widerwärtigen Geschmack. Durch Ammoniak wird aus ihnen bläulich-graugrünes Chromoxydhydrat ausgeschieden.

§. 347. **Chromsaure Salze.** Die chromsauren Salze zeichnen sich durch sehr lebhafte, meistens schöne Farben aus; mit Ausnahme der Alkalisalze sind sie in Wasser unlöslich. In den neutralen Salzen beträgt der Sauerstoffgehalt der Säure das Dreifache vom Sauerstoffgehalte der Basis, wie bei den schwefelsauren Salzen.

Das Rothbleierz ist ein neutrales chromsaures Bleioxyd, welches als schön gelbes Pulver erhalten wird, wenn man ein Bleioxydsalz mit chromsaurem Kali versetzt. Dieses künstliche chrom-

Digitized by Google

saure Bleioxyd liefert die als Chromgelb bekannte schöne Farbe, deren gewöhnlichere Sorten mit Alaun oder schwefelsaurem Bleioxyde verunreinigt sind. Das basisch-chromsaure Bleioxyd liefert eine sehr schöne rothe Farbe, das Chromroth.

Andere Verbindungen des Chroms. Mit dem Schwefel geht das Chrom nur eine dem Oxyd entsprechende Verbindung ein, welche aber nur auf trockenem Wege darstellbar ist. Von den Chlorverbindungen entspricht eine dem Oxyde, die andere der Säure. §. 348.

Alle löslichen Verbindungen des Chroms wirken auf den Organismus als Gifte.

42. Vanadin.

Das Vanadin gehört zu den größten Seltenheiten; es findet sich §. 349.
zwar in Gesteinmassen von großer Ausdehnung, wie im Kupferschiefer des Zechsteins und in manchen Eisenerzen, aber stets in äußerst geringer Menge. Als eigentliches Vanadinerz ist nur der Vanadinit zu betrachten; er besteht aus vanadinsaurem Bleioxyd mit Chlorblei.

Das Vanadin wird aus seinen Oxyden durch Glühen mit Kohle reducirt; es stellt ein silberweißes Metallpulver dar, welches sich nur in Salpetersäure löst, unter Oxydation zu Vanadinsäure, deren Verbindungen denen der Chromsäure analog sind. Außerdem liefert das Vanadin noch ein Oxyd und ein Hyperoxyd.

43. Molybdän.

Das Molybdän findet sich nur in wenigen und wenigstens nicht häu- §. 350.
fig vorkommenden Mineralien vorzüglich verbunden mit Schwefel als Molybdänglanz oder Wasserblei, und verbunden mit Sauerstoff zu Molybdänsäure, als molybdänsaures Bleioxyd im Gelbbleierz.

Das Molybdän ist ein silberweißes, sehr hartes, aber doch etwas geschmeidiges, sehr schwer schmelzbares Metall. Mit dem Sauerstoffe geht es zwei basische Verbindungen ein, das Molybdänoxydul und das Molybdänoxyd, und eine saure, die Molybdänsäure. Die letzte ist weiß krystallinisch, in der Glühhitze schmelzbar, bei noch höherer Temperatur verdampfbar. In Wasser und Säuren löst sie sich wenig. Mit

Digitized by Google

den baſiſchen Oxyden verbindet ſie ſich zu Salzen, welche, mit Ausnahme der Alkaliſalze, in Waſſer unlöslich ſind.

Aus den Oxyden wird das Molybdän durch Glühen mit Kohle oder Waſſerſtoffgas erhalten.

44. Wolfram.

§. 351. Das Wolfram oder Scheel iſt ein ſeltenes Element; ſein ſaures Oxyd, die Wolframſäure, findet ſich verbunden vorzüglich mit Kalkerde als Tungſtein oder Schwerſtein, und mit Eiſenoxydul oder Manganoxydul als Wolfram.

Das Wolfram iſt ein ſtahlgraues, äußerſt hartes, ſprödes und ſtrengflüſſiges Metall. Es hat die ſehr beträchtliche Dichte von 17,4. Mit dem Sauerſtoffe liefert es zwei Oxyde, das Wolframoxyd und die Wolframſäure. Die letzte iſt ein gelbes, weder ſchmelzbares, noch verdampfbares, in Waſſer unlösliches Pulver; ihre Verbindungen entſprechen in jeder Beziehung denen der im vorigen §. beſchriebenen Molybdänſäure.

45. Tantal. Pelopium. Niobium.

§. 352. Dieſe Elemente finden ſich gewöhnlich neben einander in einigen ſehr ſeltenen Mineralien, deren Mehrzahl den Namen der Tantalite führt. Darin ſind die ſauren Oxyde dieſer Metalle die Tantalſäure, Pelopſäure und Niobſäure enthalten; ſie werden nach dem Schmelzen der gepulverten Tantalite mit Kalihydrat durch Waſſer aufgelöſt und durch zugeſetzte Salz- oder Salpeterſäure aus dieſer Löſung als Hydrate ausgeſchieden. Dieſe Hydrate löſen ſich ſehr wenig in Säuren, die durch Glühen entwäſſerten Säuren gar nicht, mit einigen baſiſchen Oxyden bilden ſie Salze.

Mit Kohle gemengt und unter einem Strome von Chlorgas erhitzt, geben ſie flüchtige Chloride.

Aus ihren Verbindungen können die Metalle nur als matte ſchwarze Pulver erhalten werden.

Digitized by Google

46. Titan.

Das vorzüglichſte Oxyd dieſes Metalls, die Titanſäure, findet ſich im §. 353.
Mineralreiche als Rutil, Anatas und Brookit; mit baſiſchen Oxyden
vereinigt, bildet ſie eine größere Zahl, jedoch ſeltner Mineralien.

Die natürliche Titanſäure und nach dem Glühen auch die künſtlich dar-
geſtellte ſind in Säuren unlöslich. Nach dem Glühen mit Alkalien wird ſie
löslich ſowohl in concentrirten Säuren, als auch in Alkalien. Aus den
erſten Löſungen wird durch ein zugeſetztes Alkali, aus den letzten durch zuge-
ſetzte Salzſäure weißes Titanſäurehydrat ausgeſchieden. Die titan-
ſauren Salze ſind in Waſſer meiſtens unlöslich.

Leitet man trockenes Chlorgas über ein Gemenge von Titanſäure und
Kohle, ſo erhält man ein flüchtiges Titanchlorid.

Aus der Verbindung mit Kalium und Fluor wird das Titan durch
Erhitzen mit Kalium als ein ſchwarz-graues Pulver reducirt; daſſelbe
oxydirt ſich ſehr leicht.

Die ſtarkglänzenden, gelblich kupferrothen, äußerſt harten Kryſtalle, die
man in dem Geſtelle mancher Hochöfen findet, beſtehen nicht aus Titan-
metall, wie man früher glaubte, ſondern vielmehr aus Stickſtoff-Titan
und Cyan-Titan.

---

47. Queckſilber.

Vorkommen, Darſtellung und Eigenſchaften des Queckſilbers. §. 354.
Das Queckſilber iſt ein für die Technik und für die Arzneikunde gleich
wichtiges Metall. Leider iſt jedoch ſein Vorkommen auf wenige Orte be-
ſchränkt, namentlich auf Idria in Kärnthen und Almaden in Spanien, ſo daß
ſein Preis künſtlich auf einer ſehr beträchtlichen Höhe erhalten werden kann.

Das Queckſilber findet ſich häufig gediegen, gewöhnlich verbunden mit
Schwefel, theils rein als natürlicher Zinnober, theils gemengt mit
einem Erdharze im Queckſilberlebererz, ſelten verbunden mit Chlor,
als Queckſilberhornerz, oder mit Silber als Amalgam, und in
einigen anderen Verbindungen.

Das meiſte Queckſilber wird aus ſeiner natürlichen Schwefelverbindung
dargeſtellt, indem man dieſelbe entweder unter ſchwachem Luftzutritte er-
hitzt und die entſtehenden Dämpfe von ſchwefliger Säure und Queckſilber
bis zur völligen Verdichtung des letzten durch Kanäle führt, oder indem
man dieſelben mit Kalk oder Hammerſchlag gemengt einer Deſtillation
unterwirft und die Queckſilberdämpfe in Vorlagen condenſirt.

Digitized by Google

Das Queckſilber iſt ein ſilberweißes, ſtark glänzendes, bei gewöhnlicher Temperatur flüſſiges Metall; ſeine Dichte iſt 13,6. Es erſtarrt erſt bei — 36° R. oder — 40° C. und ſiedet bei 228° R. oder 360° C., verdampft aber oberflächlich ſchon bei gewöhnlicher Temperatur in bemerklicher Menge.

Alle Verbindungen des Queckſilbers wirken auf den Organismus mehr oder weniger giftig, einige gehören ſogar zu den heftigſten Giften. Mit kohlenſaurem Natron erhitzt, werden ſie alle zerſetzt und geben das Queckſilber als Dampf aus. Aus ſeinen Auflöſungen wird das Queckſilber leicht durch Kohle und faſt durch alle Metalle ausgeſchieden.

§. 355. **Amalgame.** Direct oder indirect laſſen ſich alle Metalle mit Queckſilber legiren. Dieſe Legirungen werden Amalgame genannt; ſie haben alle ein metalliſches Ausſehen und gehen um ſo mehr in den flüſſigen Zuſtand über, einen je größeren Antheil Queckſilber ſie enthalten. Die meiſten Metalle, beſonders Blei, Zinn und Silber, werden vom Queckſilber benetzt und löſen ſich in ihm auf. Aus dieſen Löſungen kryſtalliſiren in vielen Fällen eigentliche chemiſche Verbindungen als Amalgame heraus; dieſe erhalten ſich nur ſchwebend im übrigen Queckſilber und bleiben zurück, wenn man das damit beladene Queckſilber durch Leder oder dicke Leinwand drückt, während Queckſilber faſt rein hindurchläuft. Dies iſt namentlich das Verhalten des Silbers und Goldes gegen Queckſilber.

§. 356. **Queckſilber und Sauerſtoff.** Mit dem Sauerſtoffe verbindet ſich das Queckſilber direct, aber langſam, wenn es bis zu ſeinem Siedepunkte erhitzt wird. In vielen Säuren löſt es ſich auf, indem es ſich oxydirt.

100 Queckſilber verbinden ſich mit 4 Sauerſtoff zu Queckſilberoxydul
100 » » » 8 » » Queckſilberoxyd.

Beide Oxyde des Queckſilbers ſind baſiſch.

Das Queckſilberoxydul entſteht, wenn Schwefelſäure oder Salpeterſäure bei mäßiger Wärme auf einen Ueberſchuß von Queckſilber einwirken; aus der entſtandenen Löſung wird es durch Kalilöſung als braunſchwarzes Pulver ausgeſchieden. Dieſes zerſetzt ſich ſehr leicht; dem Sonnenlichte ausgeſetzt, zerfällt es in Queckſilber und Queckſilberoxyd, bis zum Glühen erhitzt, in Queckſilber und Sauerſtoff. Mit den Säuren vereinigt ſich das Queckſilberoxydul zu Salzen, welche in Waſſer meiſtens unlöslich ſind.

Wird Queckſilber längere Zeit an der Luft bis zu ſeinem Siedepunkte erhitzt, oder wird es mit überſchüſſiger Salpeter- oder Schwefelſäure digerirt, ſo bildet ſich das Queckſilberoxyd. Dieſes iſt ein hochrothes kryſtalliniſch-körniges Pulver. Im Sonnenlichte ſchwärzt ſich daſſelbe langſam unter Desoxydation; in der Glühhitze zerfällt es in Queckſilber und Sauerſtoffgas (vergl. §. 100). Von Waſſer wird es nur in geringer Menge gelöſt,

Digitized by Google

aber doch reichlich genug, um der Löſung einen widrig-metalliſchen Geſchmack zu ertheilen. Mit den Säuren verbindet es ſich zu Salzen, von denen viele in Waſſer löslich ſind, alle in Salpeterſäure und Salzſäure. Einige Queckſilberoxydſalzlöſungen werden durch viel Waſſer in lösliche ſaure Salze und unlösliche baſiſche zerlegt.

Queckſilber und Schwefel. Die Verbindungen des Queckſilbers mit dem Schwefel entſprechen den Queckſilberoxyden. §. 357.

100 Queckſilber und 8 Schwefel geben Queckſilberſulphür,
100 » » 16 » » Queckſilberſulphid.

Das natürlich vorkommende kryſtalliniſche Schwefelqueckſilber, der Zinnober iſt Queckſilberſulphid. Es hat eine ausgezeichnet ſchöne rothe Farbe und wird deshalb als Malerfarbe ſehr geſchätzt, die jedoch ihres hohen Preiſes wegen nur im Kleinen anwendbar iſt. Der Zinnober wird in der Hitze dunkler und verdampft.

Rührt man Queckſilber in die fünf- bis ſechsfache Menge geſchmolzenen Schwefels ein und erhitzt es, bis der Schwefel dick wird (vergl. §. 150), ſo erfolgt die chemiſche Verbindung unter Lichtentwickelung und mit heftigem Praſſeln. Das ſo erhaltene Schwefelqueckſilber hat jedoch eine ſchwarzrothe Farbe; es muß gepulvert, mit Schwefel gemengt und in halb damit gefüllten Kolben bei ſchwacher Glühhitze ſublimirt werden, um eine ſchön rothe Farbe zu erhalten. Der überſchüſſig zugeſetzte Schwefel entweicht bei dieſer Sublimation durch die loſe verſtopfte Oeffnung des Kolbens. Uebrigens hängt die Schönheit des künſtlichen Zinnobers von ſcheinbar geringfügigen Umſtänden ab.

Wird der Zinnober bei abgehaltener Luft mäßig erhitzt, ſo verwandelt er ſich in eine durchaus nicht kryſtalliniſche ſchwarze Maſſe, wie ſie auch erhalten wird, wenn man eine Queckſilberoxydlöſung durch einen Strom von Schwefelwaſſerſtoffgas oder durch Schwefelammonium zerſetzt, oder wenn man 100 Theile Queckſilber mit 16 Theilen Schwefel anhaltend zuſammenreibt. Dieſes ſchwarze Schwefelqueckſilber liefert bei vorſichtiger Erwärmung ein Sublimat von rothem Zinnober, auch durch die Einwirkung von Fünffach-Schwefelammonium wird es in ſolches umgewandelt. Die gewöhnlichſten Methoden, auf naſſem Wege Zinnober zu bereiten, beruhen darauf, daß man Queckſilber mit Fünffach-Schwefelammonium oder Fünffach-Schwefelkalium und Schwefel zuſammenſchüttelt. Das Queckſilber nimmt zuerſt Schwefel vom Schwefelammonium auf; das dadurch entſtandene Einfach-Schwefelammonium löſt aber wieder ſo viel freien Schwefel auf, als zur Bildung von Fünffach-Schwefelammonium erforderlich iſt, und führt das zuerſt entſtandene ſchwarze Schwefelqueckſilber in rothes über.

An der Luft erhitzt, zerfallen die Schwefelverbindungen des Queckſilbers

Digitized by Google

in Queckſilber und ſchweflige Säure. Viele Metalle entziehen ihnen in der Hitze den Schwefel.

§. 358. **Queckſilber und Chlor.** Auch das Chlor liefert mit dem Queckſilber zwei den Oxyden deſſelben analoge Verbindungen.

100 Queckſilber mit 17,7 Chlor geben Queckſilberchlorür,
100 » » 35,4 » » Queckſilberchlorid.

Das Queckſilberoxyd löſt ſich in Salzſäure auf zu einer farbloſen Flüſſigkeit, welche beim Eindampfen und nachherigen Erkalten Kryſtalle von Queckſilberchlorid abſetzt. Dieſe Kryſtalle ſind weiß durchſcheinend bis durchſichtig; ſie ſchmelzen und verdampfen leicht; von kaltem Waſſer brauchen ſie die etwa 19fache, von heißem die 2- bis 3fache Menge zu ihrer Löſung. Das Queckſilberchlorid trägt inſofern den Charakter einer Säure an ſich, als es ſich mit anderen baſiſchen Queckſilberverbindungen und mit anderen Chloriden zu ſalzartigen Stoffen vereinigt; von dieſen letzten ſind mehrere für die Arzneikunde von großer Bedeutung. Als pharmaceutiſches Präparat führt das Queckſilberchlorid den Namen Aetzſublimat.

Die wäſſerige Löſung des Queckſilberchlorides ſetzt Chlorür ab, wenn ſie längere Zeit im Sonnenlichte geſtanden hat; beſonders, wenn ſie organiſche Stoffe enthält. Das Queckſilberchlorür oder das Kalomel findet ſich natürlich als Queckſilberhornerz. Aus den Löſungen der Queckſilberoxydulſalze wird es durch Salzſäure als ein weißes Pulver ausgeſchieden. Es verdampft unter der Glühhitze, ohne vorher zu ſchmelzen. In der Siedehitze wird es durch concentrirte Salzſäure raſch in Queckſilber und Queckſilberchlorid zerlegt, durch verdünnte Salzſäure hingegen ganz in Chlorid übergeführt.

---

48. Silber.

§. 359. **Vorkommen, Darſtellung und Eigenſchaften des Silbers.** Das Silber findet ſich ziemlich häufig theils gediegen, theils verbunden mit Schwefel und mit anderen Schwefelmetallen, theils in anderen Verbindungen. Es iſt ein ſeit den älteſten Zeiten bekanntes Metall.

Die Gewinnung des Silbers geſchieht zwar je nach der Zuſammenſetzung der Erze und nach ihrem Silbergehalte auf ſehr verſchiedene Weiſen, die ſich indeſſen auf zwei Hauptklaſſen vertheilen laſſen, d. i. die Abſcheidung des Silbers durch Schmelzung und diejenige durch Amalgamation.

Bei der Schmelzung ſtellt man zuerſt ein ſilberhaltiges Blei dar, in-

Digitized by Google

dem man entweder Silbererze und Bleierze zusammen ausschmilzt, oder das aus silberreichen Erzen durch eine erste Schmelzung erhaltene Metall mit Blei legirt. Auf die erste Weise kann noch ein Bleiglanz auf Silber verarbeitet werden, auch wenn er nicht mehr als $^1/_{3000}$ Silber enthält; die letzte Weise kommt besonders dann in Anwendung, wenn das Silber aus silberhaltigen Kupfererzen ausgeschieden werden soll. Das silberhaltige Schwarzkupfer (vergl. §. 319) wird mit etwas weniger als der vierfachen Menge Blei zu dünnen Scheiben zusammengeschmolzen, und diese Scheiben werden einer Temperatur ausgesetzt, etwas höher, als der Schmelzpunkt des Bleies; dabei schmilzt das Blei, welches wohl alles Silber aufgenommen hat, mit dem Kupfer aber nicht legirt ist, aus, während ein löcheriges Kupfer zurückbleibt. Diese Operation des Bleiausschmelzens heißt das Ausſaigern.

Die Trennung des Bleies und Silbers wird durch die sogenannte Treibarbeit bewirkt. Das silberhaltige Blei wird auf einem flachen, mit thonhaltigem Kalke oder ausgelaugter Holzasche ausgekleideten und mit einer flachen Kuppel bedeckten Heerde eingeschmolzen und im glühend flüssigen Zustande einem kräftigen Luftstrome ausgesetzt. Das Blei oxydirt sich dabei und wird als flüssige Glätte (vergl. §. 317) abgezogen, während das Silber zurückbleibt und zuletzt mit glänzender Oberfläche zum Vorschein kommt, wie man sagt, blickt. Das Blicksilber hält aber noch etwas Blei zurück; es wird auf einem Heerde aus Knochen- und Holzasche nochmals unter einem Luftstrome eingeschmolzen und so lange in Fluß erhalten, bis sich der Rest des Bleies mit anderen eingemengten Metallen in den Heerd gezogen hat.

Die Amalgamirmethode macht eine viel vollständigere Erschöpfung der Silbererze möglich, ihre Ausführung erfordert aber ein großes Anlagecapital und ist deshalb noch nicht überall eingeführt. Am vollkommensten sind die sächsischen Amalgamirwerke in Freiberg. Man setzt in Freiberg den Silbererzen noch so viel Schwefelkies zu, daß eine 30 % Silber enthaltende Masse entsteht. Diese Masse wird gepocht und mit Zusatz von $^1/_{10}$ Kochsalz geröstet; dadurch werden zuerst schwefelsaure Metalloxydsalze erzeugt, welche sich aber mit dem Chlornatrium des Kochsalzes durch doppelte Wahlverwandtschaft in Metallchloride und schwefelsaures Natron zerlegen; die Metallchloride von Eisen und Kupfer werden aber in der Hitze in Chlorür und Chlor zersetzt. Das geröstete Erz wird wieder feingemahlen und in starken eichenen Fässern, welche sich um eine horizontale Axe drehen, mit Wasser und Eisenstücken anhaltend in Berührung gebracht. Durch das Kochsalz wird das Chlorsilber aufgelöst und aus dieser Lösung unter Bildung von Eisenchlorür das Silber metallisch ausgeschieden. Nach Vollendung der Silberausscheidung, d. i. nach $1^1/_2$ Stun-

Digitized by Google

den, wird Queckſilber zugeſetzt, und die Fäſſer abermals 20 Stunden lang in Umdrehung verſetzt. Nach Verlauf dieſer Zeit iſt das Silber vom überſchüſſigen Queckſilber als Amalgam aufgenommen und bleibt im Quickbrei zurück, wenn man das Queckſilber durch Zwillich laufen läßt. Der Quickbrei wird auf eiſerne Teller gebracht und unter eiſernen Glocken geglüht; das dampfförmig entweichende Queckſilber condenſirt ſich in einem kühl erhaltenen Unterſatze. Das Tellerſilber wird durch Schmelzen gereinigt.

Aus Erzen, welche nur gediegen Silber erhalten, kann daſſelbe ſogleich durch Queckſilber ausgezogen werden.

Das Silber hat die bekannte rein weiße Farbe, es iſt härter, als Gold, aber weicher, als Kupfer, außerordentlich elaſtiſch und zugleich ſo dehnbar, daß es in Blättchen von $^1/_{100000}$ Zoll Dicke ausgewalzt und daß 1 Gran zu einem 400′ langen Drahte ausgezogen werden kann; ſeine Dichte iſt im Durchſchnitte 10,5. Es iſt ſchweißbar, ſchmilzt bei etwa 1000° C. und fängt in der Weißglühhitze an zu verdunſten.

Aus ſeinen Löſungen wird das Silber durch faſt alle Metalle, wie Zink, Eiſen, Antimon, als ein graues Metallpulver ausgeſchieden.

§. 360. **Silberlegirungen.** Unter den Legirungen des Silbers ſind diejenigen mit dem Kupfer und Golde die wichtigſten.

Eine Legirung von Silber und Kupfer iſt durch Zuſammenſchmelzen nach jedem Verhältniſſe und leicht herzuſtellen. Sie hat zwar eine in's Röthliche ſpielende Farbe, iſt aber geſchmeidig und härter, als reines Silber, ſo daß ſie ſich für viele Zwecke weit beſſer eignet, als das reine Silber. Nicht nur das gewöhnliche Arbeitsſilber iſt mit Kupfer legirt, ſondern auch die Silbermünzen.

Man beſtimmt den Feingehalt einer Legirung, d. h. den Gehalt an reinem Silber durch Angabe der Zahl von Lothen Silber, die in der Mark oder in 16 Lothen Metall enthalten ſind. Unter 14löthigem Silber verſteht man ſolches, welches auf 14 Loth Silber 2 Loth Kupfer hält. In Preußen, Sachſen und den meiſten norddeutſchen Staaten darf das verarbeitete Silber nicht weniger, als 12löthig ſein, in Oeſterreich, Bayern und mehreren ſüddeutſchen Staaten nicht weniger, als 13löthig. Die preußiſchen Thaler ſind 12löthiges Silber, die $^1/_6$ Thalerſtücke $8^1/_3$löthig, die $^1/_{30}$ und $^1/_{60}$ Thalerſtücke nur etwas mehr, als 3löthig. Einer Legirung giebt man dadurch ein ſchönes Ausſehen, daß man ſie mit einer ſehr verdünnten Schwefelſäure behandelt, welche nur das Kupfer auflöſt, ſo daß eine dünne reine Silberſchicht auf der Oberfläche bleibt.

Um Gegenſtände aus Meſſing oder Kupfer zu verſilbern, überzieht man ſie entweder geradezu mit Silberblättchen und ſchweißt dieſe auf, oder man erzeugt einen dünnen Silberniederſchlag darauf. Das Letzte geſchieht

Digitized by Google

entweder durch Auftragen von Silberamalgam und durch Erhitzen bis zur Verflüchtigung des Queckſilbers, oder dadurch, daß man eine Silberlöſung aufträgt, aus welcher das Kupfer oder Meſſing metalliſches Silber ausſcheidet. Die erſte Art der Verſilberung, die Feuerverſilberung, liefert einen matten, aber ſehr haltbaren Ueberzug, die andere Art oder die kalte Verſilberung einen glänzenden, aber dünnen und ſehr vergänglichen. In der neueſten Zeit hat man die chemiſche Wirkung des elektriſchen Stromes zur Erzeugung ſehr feſter und beliebig ſtarker Ueberzüge von Silber und anderen Metallen auf andere Metalle zu benutzen gelernt.

Silber und Sauerſtoff. Das Silber oxydirt ſich bei einer nicht bis §. 361.
zum Sieden deſſelben geſteigerten Temperatur weder in trockener, noch in feuchter Luft. Durch Vitriolöl wird es in der Wärme oxydirt unter Bildung von ſchwefliger Säure, durch Salpeterſäure ſchon in der Kälte. Salzſäure greift es nicht an. Es liefert drei Oxyde.

100 Silber und 3,7 Sauerſtoff geben Silberoxydul,
100 » » 7,4 » » Silberoxyd,
100 » » 14,8 » » Silberhyperoxyd.

Das Silberoxydul zerfällt bei Berührung mit Säuren in Silber und Silberoxyd, iſt alſo eigentlich ein Hypoxyd. Es bietet wenig Intereſſe, ebenſo auch das Hyperoxyd. Das Silberoxyd wird als ein dunkles Pulver erhalten, wenn man die Auflöſung des Silbers in Salpeterſäure mit Kali verſetzt. Daſſelbe wird in Sauerſtoff und Silber zerſetzt ſowohl durch den Einfluß des Sonnenlichtes, als der Glühhitze. In Waſſer löſt es ſich nur ſehr wenig.

Mit Säuren verbindet ſich das Silberoxyd zu Salzen, von denen ſich viele in Waſſer, alle in Salpeterſäure und Ammoniak löſen. Die Löſungen ſchmecken metalliſch und wirken ſtark giftig. Auf der Haut verurſachen ſie einen dunkeln, feſt anhaftenden Fleck von reducirtem Silber, überhaupt wird das Silber durch organiſche Stoffe aus ſeinen Löſungen reducirt, anfangs als ſo feiner Metallſtaub, daß die Flüſſigkeit nur roth erſcheint. Das gewöhnlichſte Salz des Silberoxydes iſt das neutrale ſalpeterſaure; dieſes iſt farblos, ſchmilzt, ohne ſich zu zerſetzen, löſt ſich leicht in Waſſer und zerfrißt organiſche Stoffe; es wird deshalb von den Chirurgen zum Aetzen gebraucht und führt den Namen Höllenſtein.

Das Silberoxyd vereinigt ſich auch mit dem Ammoniak zu einer ſchwarzen Verbindung, welche, ſelbſt wenn ſie noch feucht iſt, durch Druck und Reibung zu einer beiſpiellos heftigen Exploſion veranlaßt wird. Man erhält dieſe Verbindung, das Knallſilber, am leichteſten auf die Weiſe, daß man irgend ein Silberoxydſalz in Ammoniak auflöſt und zu der Auflöſung Kali hinzuſetzt.

Silber und Schwefel. Silber und Schwefel gehen leicht eine Ver- §. 362.

Digitized by Google

bindung ein. Der braune Anflug, der ſich auf dem Silber bildet, welches ſich längere Zeit in den ſchwefelhaltigen Ausdünſtungen von Thieren und organiſchen Abwürfen befunden hat, beſteht aus Schwefelſilber. Daſſelbe bildet ſich als ſchwarze feinflockige Maſſe, wenn man Schwefelwaſſerſtoff in die Löſung eines Silberoxydſalzes einleitet, und findet ſich als Silberglanz unter den Silbererzen; es beſteht aus:

Silber . . .	87
Schwefel . .	13.

Es iſt leicht ſchmelzbar und geſchmeidig. Wenn es an der Luft erhitzt wird, oxydirt ſich ſein Schwefelgehalt zu ſchwefliger Säure, während gediegenes Silber zurückbleibt. Es löſt ſich unzerſetzt nicht auf.

§. 363. **Silber und Chlor.** Aus allen Silberoxydlöſungen wird durch Salzſäure eine weiße dick-flockige Ausſcheidung erzeugt. Sie beſteht aus Chlorſilber oder Silberchlorid und enthält:

Silber . . .	75
Chlor . . .	25.

Im Mineralreiche findet ſie ſich als graues, fettglänzendes, geſchmeidiges Hornerz. Es ſchmilzt bei 260° C. und verflüchtigt ſich in höherer Temperatur unzerſetzt. In Waſſer und Säuren, mit Ausnahme der concentrirten Salzſäure, iſt es unlöslich; außerdem löſt es ſich auch in Ammoniak, in Chlorammonium, weniger gut in Chlornatrium.

Im Lichte färbt ſich das weiße Silberchlorid, es wird violett und zuletzt ſchwarz, wahrſcheinlich, indem es ſich in Silberchlorür verwandelt.

---

49. Gold.

§. 364. **Vorkommen, Gewinnung und Eigenſchaften des Goldes.** Das Gold findet ſich, abgeſehen von dem wenig verbreiteten Tellurgolde, nur im gediegenen Zuſtande. Es iſt den Gebirgsarten theils gangweiſe untergeordnet, theils gleichmäßig in gewöhnlich ſehr feinen Körnern eingemengt. Im Schuttlande, welches aus den Zertrümmerungs- und Verwitterungsproducten von goldhaltigen Gebirgen der letzten Art entſtanden iſt, findet es ſich als Goldſand, und zwar bei weitem reichlicher, als auf der urſprünglichen Lagerſtätte, da ein großer Theil der Gebirgsmaſſen als feiner, leicht aufſchlämmbarer Sand und Thon durch fließende Gewäſſer weitergeführt worden iſt, nachdem ſich das Gold bereits abgeſetzt hatte. Jetzt wird bei weitem das meiſte Gold aus dem goldhaltigen Schuttlande durch eine rein mechaniſche Schlämmarbeit gewonnen, und zwar in einem ſo reinen Zuſtande, daß es ſogleich in Graphittiegeln zuſammengeſchmolzen

Digitized by Google

werden kann. Verhältnißmäßig wenig Gold wird durch einen eigentlichen Grubenbau gefördert, und aus dem gepochten Erze entweder durch Blei in der Schmelzhitze, oder durch Quecksilber bei gewöhnlicher Temperatur ausgezogen. Das goldhaltige Blei und Quecksilber wird ebenso behandelt, wie das silberhaltige, um das Gold zu gewinnen. Bisweilen ist das Gold auch in den Bleiglanzen, Eisen- und Kupferkiesen enthalten, aber immer nur in geringer Menge.

Der gewöhnliche Begleiter des Goldes ist das Silber; alles natürlich vorkommende Gold ist silberhaltig, alles Silber goldhaltig. Es giebt aber mehrere sehr einfache Mittel, Gold und Silber von einander zu trennen. Das einfachste bietet die Schwefelsäure, welche in der Hitze das Silber aus einer nicht mehr, als 20 % enthaltenden Legirung auflöst (vergl. §. 361), während das Gold ungelöst zurückbleibt.

Das reine Gold ist weicher und weniger elastisch, als Silber; es ist das dehnbarste Metall, 1 Gran davon läßt sich zu einer 56 □Zoll großen Platte ausdehnen und zu einem 500′ langen Drahte ausziehen. Seine Dichte ist im Mittel 19,3. Es schmilzt unter beträchtlicher Ausdehnung bei etwa 1200° C.; es verflüchtigt sich in der stärksten Hitze des Knallgasgebläses kaum bemerklich.

Goldlegirungen. Reines Gold wird ebenso wenig, als reines Sil- §. 365.
ber verarbeitet, sondern entweder mit Kupfer, oder mit Silber legirtes; die erste Legirung hat eine röthere Farbe, die andere eine weißere, als das reine Gold. Die härteste Goldlegirung besteht aus 7 Theilen Gold und 1 Theile Kupfer. Den Goldgehalt einer Legirung giebt man danach an, wie viel Karat Gold in der Mark der Legirung enthalten sind; dabei ist 1 Mark gleich 24 Karat. Die preußischen Friedrichsd'or sind aus etwas mehr, als 21karatigem Golde geprägt. Unter 8 Karat darf eine Waare nicht haben, wenn ihr Aussehen schön sein soll. Uebrigens giebt es auch Mittel, die Oberfläche einer armen Legirung zu reinigen, indem man sie z. B. ausglüht und hierauf mit verdünnter Salpetersäure behandelt, welche das Kupfer und Silber aus der Oberfläche auflöst und eine reine, wenn auch dünne Goldschicht zurückläßt.

Um ein anderes Metall mit einer mehr oder weniger dicken Goldhaut zu überziehen, um zu vergolden, bedient man sich ziemlich derselben Mittel, wie bei dem Versilbern.

Gold und Chlor. Das Gold bleibt unverändert in trockener und §. 366.
feuchter, kalter und heißer Luft, die Säuren greifen es nicht an, ausgenommen die mit Salpetersäure oder Chromsäure versetzte Salzsäure. Beide Gemische wirken dadurch, daß in ihnen Chlor frei wird, welches mit dem Golde eine lösliche Verbindung eingeht. Das gewöhnliche Goldlösungsmittel ist das erste Gemisch, das Königswasser (vergl. §. 180).

Digitized by Google

Die dadurch erhaltene Goldlösung ist dunkelgelb; die meisten Metalle, viele andere unorganische und viele organische Stoffe scheiden das Gold metallisch daraus ab; auf der Haut erzeugt sie aus diesem Grunde eine purpurrothe Färbung. Bei einer Temperatur etwas über 100° C. eingedampft, hinterläßt die Lösung rothbraunes Goldchlorid, bestehend aus:

Gold . . .	65,2
Chlor . . .	34,8.

Dieses löst sich in Wasser, Alkohol und Aether; mit den Chloriden der Alkalien giebt es krystallinische Verbindungen. Bei stärkerem Erhitzen verliert es zuerst $^2/_3$ seines Chlorgehaltes und wird zu gelbem, als solches in Wasser unlöslichem Goldchlorür, zuletzt den ganzen Chlorgehalt.

§. 367. **Gold und Sauerstoff.** Erwärmt man eine Goldchloridlösung mit vieler Talkerde, so scheidet sich Goldoxyd daraus ab, und bleibt nach Entfernung der beigemengten Talkerde durch Salpetersäure zurück. Es ist ein braunes Pulver, bestehend aus:

Gold . . .	89,2
Sauerstoff .	10,8.

Zu den Säuren hat es nur eine geringe Verwandtschaft; nur mit wenigen bildet es noch dazu sehr lose Verbindungen. In Verbindung mit starken Basen, wie mit den Alkalien, vertritt es die Stelle einer Säure.

Versetzt man eine Lösung, welche zugleich Zinnchlorür und Zinnchlorid enthält, mit einer durch Wasser verdünnten Goldchloridlösung, so erhält man, wenn die Flüssigkeiten im gehörigen Verhältnisse zu einander standen, einen purpur- bis braunrothen Niederschlag, den sogenannten Goldpurpur, welcher die Eigenschaft besitzt, den Glasflüssen eine ausgezeichnet schöne Purpurfarbe zu geben, überhaupt für Glasmalerei und Porzellanmalerei ein sehr wichtiger Farbestoff ist. Allein die Wirkung desselben ist noch mit manchen Zufälligkeiten verbunden, da man seine Zusammensetzung nicht genau kennt. Man weiß zwar, daß er 31 Theile Gold und 69 Zinnoxyd enthält, d. h. durch Salzsäure werden so viel Theile Zinnoxyd aus ihm ausgezogen, unter Zurücklassung von Gold, aber daraus geht noch nicht hervor, daß ursprünglich eine Verbindung in dieser Weise vorhanden war.

Setzt man zu einer Goldchloridlösung Ammoniak, so entsteht eine grüne pulverige Ausscheidung von Knallgold, welches ziemlich unter denselben Umständen und mit derselben Heftigkeit verpufft wie das Knallsilber (vergl. §. 361).

Wird Goldchlorür mit kalter verdünnter Kalilösung behandelt, so bildet sich Chlorkalium und grünes Goldoxydul, dessen Zusammensetzung jedoch eine höchst wandelbare ist. Es liefert keine Salze.

Digitized by Google

Beide Oxyde des Goldes binden den Sauerstoff nur schwach; schon durch Einwirkung des Lichtes werden sie zersetzt und noch schneller in der Hitze.

Gold und Schwefel. Das Gold läßt sich mit Schwefel nicht zusammenschmelzen. Man erhält ein Goldsulphür und ein Goldsulphid, wenn man Schwefelwasserstoffgas auf Lösungen von Goldchlorür und Goldchlorid leitet; beide werden durch sehr geringe Hitze zersetzt, der Schwefel verflüchtigt sich unter Zurücklassung von Gold. §. 368.

---

50. Platin.

Das Platin wird nie durch einen eigentlichen Bergbau gewonnen, sondern aus dem Schuttlande durch einen Schlämmproceß ausgewaschen, besonders am Ural. Das rohe Erz ist indessen ein mit anderen Metallen theils chemisch verbundenes, theils mechanisch gemengtes Platin. §. 369.

In der Petersburger Münze wird das meiste Platin dargestellt. Man löst das Erz in überschüssiger Salpetersalzsäure in der Wärme und setzt zur Auflösung Chlorammonium, um Platinsalmiak zu erhalten, welcher in der Glühhitze ein schwammiges Platin hinterläßt. Dieses wird zuerst unter Wasser in einem Metallcylinder stark zusammengepreßt, dann der Hitze eines kräftigen Gebläsefeuers ausgesetzt und noch glühend auf einem Ambos gehämmert. Die einzelnen Platinkörnchen werden dadurch zu einer geschmeidigen Masse zusammengeschweißt.

Das zusammenhängende Platin hat eine Farbe, welche zwischen der des Stahls und Silbers steht; es ist härter, als Kupfer, aber weicher, als Eisen. Nach dem Golde ist es das dehnbarste Metall; seine Dichte ist 21,4 bis 21,7. Im Ofenfeuer erweicht es eben nur so weit, daß sich getrennte Stücke zusammenschweißen lassen; im Knallgasgebläse ist es schmelzbar.

Für die Fabrication chemischer Präparate und überhaupt für die Ausführung chemischer Arbeiten hat das Platin einen außerordentlich großen Werth, da es sich an der Luft bei keiner Temperatur oxydirt und von keiner einfachen Säure angegriffen wird. Es liefert daher die vorzüglichsten Gefäße zur Auflösung in Säuren, zur Destillation der Säuren und zum Glühen. Allein man muß sich mit Platingefäßen in Acht nehmen, wenn sie beim Gebrauche nicht leiden sollen. Man darf nicht zugleich Salpetersäure und Salzsäure hineinbringen oder Mischungen, aus denen sich Chlor entwickeln kann; Metalle dürfen darin nicht bis zum Schmelzen erhitzt werden, da sie sich mit dem Platin rasch zu leicht schmelzbaren Legirungen vereinigen; die ätzenden Alkalien, die Schwefel- und Cyan-

Digitized by Google

alkalimetalle greifen das Platin leichter an, als das Gold und Silber; dagegen ſind Schwefel und Queckſilber ohne Wirkung auf daſſelbe.

Außer im compact-metalliſchen Zuſtande iſt das Platin noch in zwei anderen Formen in Gebrauch.

Der feine weiche graue Metallſtaub, welcher nach dem Ausglühen des Platinſalmiaks zurückbleibt, iſt unter dem Namen Platinſchwamm bekannt, er wird um ſo dichter, je ſtärker und länger er geglüht wird. Seine Wirkung auf Knallgas und ſeine Benutzung im Platinfeuerzeuge iſt bereits §. 106 und 107 erwähnt.

Noch feiner vertheilt, ſtellt das Platin ein ſchwarzes mattes Pulver, das Platinſchwarz oder den Platinmohr dar. Man erhält es in dieſer Form auf ſehr verſchiedene Weiſe, z. B. wenn man in eine Platinlöſung Zink einlegt, oder wenn man Platinchlorür mit Weingeiſt digerirt. Der Platinmohr abſorbirt Gaſe, beſonders Sauerſtoffgas, noch reichlicher, als Platinſchwamm; er wirkt deshalb auf ſehr viele Stoffe oxydirend, wenn er vorher der Luft ausgeſetzt war. Je länger und ſtärker er geglüht wird, deſto mehr nimmt er die Eigenſchaften des Platinſchwammes an.

Aus ſeinen Löſungen wird das Platin durch die meiſten Metalle und durch viele organiſche Stoffe metalliſch ausgeſchieden.

§. 370. **Platin und Chlor.** Wenn die Löſung des Platins in Salpeterſalzſäure bei einer die Siedehitze des Waſſers nicht überſteigenden Temperatur abgedampft wird, ſo bleibt dunkelrothes Platinchlorid zurück von der Zuſammenſetzung:

Platin . . .	58,3
Chlor . . .	41,7.

In Waſſer löſt ſich daſſelbe mit braungelber Farbe auf; die Auflöſung ſchmeckt ſehr ſchrumpfend und färbt die Haut braunſchwarz. Das Platinchlorid verbindet ſich leicht mit anderen Chloriden, namentlich mit denen der Alkalimetalle. Die letzten Verbindungen entſtehen, wenn Löſungen von Platinchlorid mit Löſungen von Alkalien zuſammengebracht werden; ſie ſind ſämmtlich körnig-kryſtalliniſch und gelb. Das Kalium-Platinchlorid beſteht aus:

Platinchlorid .	69,5
Chlorkalium .	30,5.

Es löſt ſich wenig in Waſſer, leichter in Säuren, noch leichter in Kali auf; in der Glühhitze giebt es Chlor ab und hinterläßt ein Gemiſch von Platin und Chlorkalium. Das Natrium-Platinchlorid beſteht aus:

Platinchlorid .	74,3
Chlornatrium	25,7.

Digitized by Google

Es ist in Wasser sehr leicht löslich. Endlich das Ammonium-Platinchlorid oder der Platinsalmiak besteht aus:

Platinchlorid . 76,1
Chlorammonium 23,9.

Es braucht zu seiner Lösung die 150fache Menge von kaltem Wasser, von heißem aber viel weniger; es ertheilt auch, wenn es nur in sehr geringer Menge aufgenommen worden ist, der Lösung eine gelbe Farbe. In der Hitze zerfällt es in schwammiges Platin, Stickstoffgas, Salzsäure und Chlorammonium.

Platin und Sauerstoff. Fügt man zu einer Lösung von Platinchlorid in Wasser so lange eine Lösung von Salpeter, bis sich kein Kalium-Platinchlorid mehr ausscheidet, so bleibt in der Lösung ein Fünftheil des Platins als salpetersaures Platinoxyd aufgelöst. Aus dieser Lösung fällt auf Zusatz von Kali zuerst Platinoxydhydrat, später ein Doppelsalz des Kali's und Platinoxyds nieder. §. 371.

Das Platinoxydhydrat ist rostfarben, dem Eisenoxydhydrat ähnlich. Erhitzt giebt es zuerst sein Wasser ab, indem es schwarz wird, später auch den Sauerstoff. Das Platinoxyd verbindet sich sowohl mit Säuren, als mit Basen. Die neutralen Platinoxydsalze sind in Wasser mit gelber Farbe löslich. Mit den Alkalien und alkalischen Erden liefert das Platinoxyd leicht Doppelsalze. Seine Verbindung mit dem Ammoniak, das Knallplatin, wird als braunes Pulver erhalten, wenn man Ammonium-Platinchlorid in verdünntem Kali löst und die Lösung durch Salzsäure neutralisirt. Es hat die explodirenden Eigenschaften, wie die entsprechende Silberoxydverbindung (vergl. §. 361), nur in etwas geringerem Grade.

Durch Uebergießen mit Kalilösung und gelindes Erwärmen wird das Platinchlorür zersetzt. Schwarzes Platinoxydulhydrat wird ausgeschieden und Platinoxydulkali bleibt mit dunkler Farbe gelöst. Durch vorsichtiges Erhitzen wird aus dem Platinoxydulhydrat das Wasser entfernt. Das reine Platinoxydul ist dunkelviolett; in der Glühhitze wird es zu Metall reducirt; mit den Säuren bildet es Salze, vereinigt sich aber auch mit den Alkalien, namentlich mit dem Ammoniak.

Platin und Schwefel. Die Verbindungen des Platins mit dem Schwefel entsprechen seinen Chlor- und seinen Sauerstoffverbindungen; sie werden erhalten entweder durch Zusammenglühen von Platinschwamm oder Platinsalmiak mit Schwefel, oder durch Zusetzen von Schwefelwasserstoffwasser zu den Lösungen des Platins. §. 372.

Digitized by Google

51. Palladium.

§. 373. Das Palladium iſt ein rückſichtlich ſeiner Farbe und Geſchmeidigkeit dem Silber ſehr ähnliches Metall, hat aber eine viel größere Dichte, nämlich 11,3 bis 11,8; es iſt ſchweißbar, aber äußerſt ſtrengflüſſig. Schon durch Salpeterſäure wird es oxydirt. Es liefert zwei Oxyde, welche beide baſiſcher Natur ſind.

Das Palladium iſt ſehr wenig verbreitet. Es findet ſich vorzüglich in einigen Platin- und Goldſanderzen, entweder gediegen, oder als Legirung mit Gold und Silber, aber ſtets nur in geringer Menge.

---

52. Rhodium.

§. 374. Auch das Rhodium iſt ein höchſt ſeltenes Metall; man findet es in ſehr geringfügiger Menge den Platinerzen beigemengt. Aus der Löſung derſelben wird es als ein graues Pulver erhalten, welches nur in der Hitze des Knallgasgebläſes zu einem ſtahlgrauen ſpröden Metallkerne von der Dichte 11,2 zuſammenſchmilzt.

Das pulverige Rhodium oxydirt ſich zwar zu Oxydul, wenn es an der Luft bis zum Rothglühen erhitzt wird, aber alles Rhodium iſt in Säuren völlig unlöslich, wenn es nicht mit anderen Metallen, wie Blei, Kupfer oder Platin legirt iſt; um zu Rhodiumoxyd oxydirt zu werden, muß es mit ätzenden, ſalpeterſauren oder ſauren ſchwefelſauren Alkalien zuſammengeſchmolzen werden.

---

53. Iridium, Ruthenium.

§. 375. Unter den Platinſanderzen finden ſich Körner, die ſich ſowohl durch ihre ſogar über 22 hinausgehende Dichte, als auch durch ihre Unlöslichkeit in Salpeterſalzſäure auszeichnen. Dies ſind Verbindungen von Iridium mit Platin, Palladium, Kupfer und Osmium.

Das Iridium ſteht in ſeinem Verhalten dem Rhodium ſehr nahe, wie dieſes, ſo iſt auch das Iridium für ſich in Säuren unlöslich und kann nur durch dieſelben Mittel, wie das Rhodium, in Löſung gebracht werden. Seine Legirung mit Platin löſt ſich aber in Salpeterſalzſäure auf. So-

Digitized by Google

wohl mit dem Sauerstoff, als auch mit dem Chlor vereinigt es sich zu vier verschiedenen Verbindungen.

Neben Rhodium und Iridium ist in neuerer Zeit noch ein anderes ähnliches Metall in den Uralischen Platinerzen gefunden worden. Man hat ihm den Namen Ruthenium gegeben; seine Eigenschaften sind aber noch nicht genau ermittelt worden.

---

54. Osmium.

§. 376. Das Osmium findet sich nur in den Platinerzen und nur in Verbindung mit Iridium. Es kann als ein bläulich-weißes, glänzendes Metall gewonnen werden, gewöhnlich wird es jedoch als Pulver gewonnen; seine Dichte ist 10. Im ungeglühten Zustande löst es sich nur in Salpetersäure; nach dem Glühen auch in dieser nicht. In der Hitze oxydirt es sich leicht und liefert dabei ein flüchtiges saures Oxyd, die Osmiumsäure, welche durch einen eigenthümlichen stechend-unangenehmen Geruch ausgezeichnet ist. Außer der Osmiumsäure bildet das Osmium noch drei niedrigere Oxydationsstufen.

Digitized by Google

III. Die Gesetze der anorganisch chemischen Verbindungen.

§. 377. **Bestimmte Verbindungsverhältnisse der Elemente.** Nachdem wir im vorigen Capitel die wichtigsten chemischen Verbindungen der anorganischen Natur abgehandelt haben, wird es uns nicht schwer fallen, die einzelnen thatsächlich aufgefaßten Fälle unter ein allgemeines Gesetz unterzuordnen, wenn wir die Gewichtsverhältnisse in's Auge fassen, nach welchen die Elemente mit einander zusammentreten.

Wir können für diesen Zweck von dem in §. 109 ausführlich erörterten Beispiele der Wasserbildung ausgehen. Das Wasser ist das einzige Oxyd des Wasserstoffgases, welches direct aus seinen Elementen erhalten werden kann. Mengt man aber Sauerstoffgas und Wasserstoffgas und giebt auf irgend eine Weise die Veranlassung zu ihrer directen Verbindung, so findet dieselbe stets nach dem Gewichtsverhältnisse von 8 : 1, oder nach dem Raumverhältnisse von 1 : 2 Statt. Waren die Gase nicht in diesem Verhältnisse gemengt, so bleibt ein Ueberschuß des einen oder des anderen Gases unverbunden zurück. Das reine Wasser ist also in 100 Theilen immer aus 89 Gewichtstheilen Sauerstoff und 11 Gewichtstheilen Wasserstoff zusammengesetzt. Was im gewöhnlichen Wasser theils an aufgeschwemmten oder aufgelösten starren Stoffen, theils an absorbirten Gasen vorkommt, gehört nicht zur chemischen Zusammensetzung des Wassers; im chemischen Sinne wird alles dieses als Verunreinigung des Wassers bezeichnet.

Sieht man nun von solchen Verunreinigungen chemischer Verbindungen ab, schließt man alles auf mechanische Weise Eingemengte von der chemischen Zusammensetzung eines Stoffes aus; so gilt es für die anorganische Natur als ein allgemeines Gesetz, daß sich die Elemente nicht in jedem beliebigen Gewichtsverhältnisse chemisch durchdringen können, sondern vielmehr, daß sie nur in wenigen sehr bestimmten Verhältnissen verbindbar sind.

Digitized by Google

Verbinden sich zwei Elemente in mehr als einem Verhältnisse, so lassen sich diese verschiedenen Verbindungsstufen stets in einen sehr einfachen Zusammenhang bringen. Wir wollen dies am Beispiele der Oxydationsstufen nachweisen.

Zu den Elementen, welche recht mannichfaltige Oxydationsstufen darbieten, gehört der Stickstoff, der Phosphor und das Chlor.

100 Thle. Stickst. verbinden sich mit 57,1 Thln. Sauerst. zu Stickstoffoxydul,
100 » » » » » 114,3 » » » Stickstoffoxyd,
100 » » » » » 171,4 » » » salpetriger Säure
100 » » » » » 228,6 » » » Untersalpetersäure,
100 » » » » » 285,7 » » » Salpetersäure

(vergl. §. 136).

Dividirt man die hier vorkommenden Sauerstoffmengen durch die den niedrigsten Oxydationsstufen zukommende Menge Sauerstoff, so erhält man mit Vernachlässigung kleiner Bruchreste die Quotienten:

1, 2, 3, 4, 5.

Dieselbe Menge von Stickstoff verbindet sich also in den verschiedenen Stickstoffoxyden mit der 1 bis 5fachen Menge Sauerstoff.

Ferner:

100 Thle. Phosphor verbinden sich mit 12,7 Thln. Sauerst. zu Phosphoroxyd,
100 » » » » » 25,4 » » » unterphosphoriger Säure,
100 » » » » » 76,4 » » » phosphoriger Säure,
100 » » » » » 127,4 » » » Phosphorsäure

(vergl. §. 162).

Nimmt man hier dieselbe Division durch 12,7 vor, wie bei dem vorigen Beispiele, so erhält man der Reihe nach die Quotienten:

1, 2, 6, 10.

Endlich (vergl. §. 173):

100 Thle. Chlor verbinden sich mit 22,6 Thln. Sauerst. zu unterchloriger Säure,
100 » » » » » 76,8 » » » chloriger Säure,
100 » » » » » 90,4 » » » Unterchlorsäure,
100 » » » » » 113,0 » » » Chlorsäure,
100 » » » » » 158,0 » » » Ueberchlorsäure.

Digitized by Google

Die Quotienten, welche bei der Division der einzelnen Sauerstoffmengen durch 22,6 in diesem Falle erhalten werden, sind:

1, 3, 4, 5, 7.

Zeigt sich nun auch nicht in allen Fällen eine solche Einfachheit der Verhältnisse, daß sich die Sauerstoffmengen der höheren Oxydationsstufen als Vielfache von der Sauerstoffmenge der niedrigsten Oxydationsstufe darstellen, so findet man doch immer zwischen ihnen Verhältnisse, die sich in ganzen und zwar meistens sehr niedrigen Zahlen ausdrücken lassen.

Was aber von den Sauerstoffverbindungen gilt, das bestätigt sich zunächst für die analogen Schwefel- und Chlorverbindungen und läßt sich für die ganze Reihe der anorganischen Verbindungen verallgemeinern.

§. 378. **Aequivalente Mengen der Elemente.** Zu einem anderen sehr wichtigen Gesetze führt die Vergleichung der sich entsprechenden Sauerstoff-, Schwefel- und Chlorverbindungen.

Berechnet man die im vorigen Capitel angegebenen Gewichtsverhältnisse der Verbindungen zwischen Sauerstoff, Schwefel, Chlor und anderen Elementen so, daß man darin die Sauerstoff-, Schwefel- und Chlormenge gleich 100 setzt, so erhält man folgende Resultate:

I. Reihe.

100 Gewichtstheile Sauerstoff verbinden sich mit:

12,5	Gewichtstheilen	Wasserstoff	zu	Wasser,
490,0	»	Kalium	»	Kali,
250,0	»	Calcium	»	Kalkerde,
345,9	»	Mangan	»	Manganoxydul,
350,0	»	Eisen	»	Eisenoxydul,
1294,5	»	Blei	»	Bleioxyd,
1250,0	»	Quecksilber	»	Quecksilberoxyd.

II. Reihe.

100 Gewichtstheile Schwefel verbinden sich mit:

6,2	Gewichtstheilen	Wasserstoff	zu	Schwefelwasserstoffgas,
245,0	»	Kalium	»	Einfach-Schwefelkalium,
125,0	»	Calcium	»	Einfach-Schwefelcalcium,
172,9	»	Mangan	»	Manganfulphür,
175,0	»	Eisen	»	Eisenfulphür,
647,2	»	Blei	»	Bleifulphid,
625,0	»	Quecksilber	»	Quecksilberfulphid.

Digitized by Google

III. Reihe.

100 Gewichtstheile Chlor verbinden sich mit:

2,8	Gewichtstheilen	Wasserstoff	zu Chlorwasserstoffgas,
110,7	»	Kalium	» Chlorkalium,
56,2	»	Calcium	» Chlorcalcium,
78,1	»	Mangan	» Manganchlorür,
79,1	»	Eisen	» Eisenchlorür,
292,4	»	Blei	» Bleichlorid,
281,2	»	Quecksilber	» Quecksilberchlorid.

Zunächst übersieht man, auch ohne eine Rechnung anzustellen, daß die Zahlen der ersten und der zweiten Reihe in einem gleichen Verhältnisse zu einander stehen; die Zahlen der ersten Reihe sind nämlich doppelt so groß, als diejenigen der zweiten. Gleiche Mengen von Sauerstoff und Schwefel nehmen also, um die sich entsprechenden Verbindungen zu bilden, von anderen Elementen zwar ungleiche Mengen auf, aber doch Mengen, die unter einander in demselben Verhältnisse stehen.

Der Zusammenhang zwischen den Zahlen der ersten und denen der dritten Reihe ist zwar minder übersichtlich, er tritt aber sogleich deutlich hervor, wenn man in den Sauerstoff-, wie in den Chlorverbindungen die Menge des Wasserstoffs = 1 setzt und die anderen Zahlen auf diese Einheit zurückführt, d. h. wenn man mit der Wasserstoffzahl die Zahlen der übrigen Elemente dividirt. Man erhält dann folgende zwei neuen Reihen:

1.	2.
$\frac{12,5}{12,5} = 1,0$	$\frac{2,8}{2,8} = 1,0$
$\frac{490,0}{12,5} = 39,2$	$\frac{110,7}{2,8} = 39,2$
$\frac{250,0}{12,5} = 20,0$	$\frac{56,2}{2,8} = 20,0$
$\frac{345,9}{12,5} = 27,7$	$\frac{78,1}{2,8} = 27,7$
$\frac{350,0}{12,5} = 28,0$	$\frac{79,1}{2,8} = 28,0$
$\frac{1294,5}{12,5} = 103,7$	$\frac{292,4}{2,8} = 103,7$
$\frac{1250,0}{12,5} = 100,0$	$\frac{281,2}{2,8} = 100,0$

Digitized by Google

Danach bedarf also auch der Sauerstoff und das Chlor, wie der Schwefel verhältnißmäßig gleiche Mengen anderer Elemente, um analoge Verbindungen zu bilden.

1250 Gewichtstheile Quecksilber liefern, mit 100 Gewichtstheilen Sauerstoff verbunden, Quecksilberoxyd. Ferner geben 625 Gewichtstheile Quecksilber mit 100 Gewichtstheilen Schwefel Quecksilbersulphid; folglich sind auf 1250 Gewichtstheile Quecksilber 200 Gewichtstheile Schwefel nöthig; denn:

$$1250 : 625 = 200 : 100.$$

Endlich treten 281,2 Gewichtstheile Quecksilber mit 100 Gewichtstheilen Chlor oder 1250 Gewichtstheile vom ersten mit 442,6 vom anderen zu Quecksilberchlorid zusammen, denn:

$$1250 : 281{,}2 = 442{,}6 : 100.$$

Oxydirt man also 1250 Gewichtstheile Quecksilber auf irgend eine Weise, so nehmen sie 100 Gewichtstheile Sauerstoff auf und 1350 Gewichtstheile Queckſilberoxyd entstehen. Löst man diese 1350 Gewichtstheile Quecksilberoxyd in Chlorwasserstoffsäure auf und dampft die Lösung ein, so findet eine Zersetzung Statt nach folgendem Schema:

Quecksilberoxyd { Quecksilberchlorid { Quecksilber, Chlor } / { Sauerstoff, Wasserstoff } Wasser. } Chlorwasserstoffsäure

Das entstandene Queckſilberchlorid scheidet sich krystallinisch ab; seine Menge beträgt 1692,6 Gewichtstheile, mit einem Chlorgehalte von 442,6 Gewichtstheilen.

Löst man 1692,6 Gewichtstheile Quecksilberchlorid in Wasser auf und leitet Schwefelwasserstoffgas durch die Lösung, bis alles Quecksilberoxyd zersetzt ist nach dem Schema:

Quecksilberchlorid { Quecksilbersulphid { Quecksilber, Schwefel } / { Chlor, Wasserstoff } Chlorwasserstoffsäure, } Schwefelwasserstoff

so scheiden sich 1550 Gewichtstheile des gebildeten Queckſilbersulphides in schwarzen Flocken ab, mit einem Schwefelgehalte von 200 Gewichtstheilen.

Durch die angegebenen bereits früher in §. 356, 357 und 358 beschriebenen Versuche ist aber nichts Anderes geschehen, als daß man den Sauerstoff der Quecksilberverbindung zuerst durch Chlor, dann durch Schwefel ersetzt hat. Diese Ersetzung hat in dem Gewichtsverhältnisse 100 zu

Digitized by Google

442,6 zu 200 stattgefunden. Man kann also sagen: 442,6 Gewichtstheile Chlor oder 200 Gewichtstheile Schwefel seien in einer Verbindung eine Ersatzmenge oder ein Aequivalent für 100 Gewichtstheile Sauerstoff. Und ebenso muß man 12,5 Gewichtstheile Wasserstoff, 490 Kalium, 250,0 Calcium, 345,9 Mangan, 350,0 Eisen, 1294,5 Blei und 1250,0 Quecksilber als Ersatzmengen oder Aequivalente in ihren Verbindungen gelten lassen, wenn man die in den obigen drei Reihen zusammengestellten Verbindungen als analoge Verbindungen annimmt.

Oxydirt sich z. B. Kalium auf Kosten des Wassers (vergl. S. 289), so werden durch 490 Gewichtstheile Kalium 112,5 Gewichtstheile Wasser zersetzt, unter Bildung von 590 Gewichtstheilen Kali und Ausscheidung von 12,5 Gewichtstheilen Wasserstoffgas; oder 12,5 Gewichtstheile Wasserstoff, verbunden mit 100 Gewichtstheilen Sauerstoff zu Wasser, sind in 590 Gewichtstheilen Kali durch 490 Gewichtstheile Kalium ersetzt worden.

Durch genaue Untersuchung und Vergleichung der chemischen Verbindungen hat man für fast alle Elemente die Gewichtsmengen bestimmt, in welchen sie mit 100 Gewichtstheilen Sauerstoff, 200 Gewichtstheilen Schwefel und 442,6 Gewichtstheilen Chlor eine solche Verbindung geben, die dem Wasser, Schwefelwasserstoff und Chlorwasserstoff analog ist, oder in welchen sie 12,5 Gewichtstheile Wasserstoff, 490 Gewichtstheile Kalium u. s. f. ersetzen. Diese in den meisten Fällen sehr zuverlässigen Zahlen werden schlechthin die Aequivalentzahlen genannt; man findet sie in der Tabelle des §. 381.

Das Gesetz, welches im vorigen §. erörtert worden ist, kann nun auch in andere Worte gefaßt werden. Man kann sich auch so ausdrücken: die Elemente verbinden sich mit einander entweder in Aequivalentmengen, oder in Vielfachen derselben.

In dem Stickstoffoxydul z. B. ist 1 Aequivalent Stickstoff (= 175) verbunden mit 1 Aequivalent Sauerstoff (= 100); dieselbe Menge Stickstoff ist im Stickstoffoxydgase mit 2, in der salpetrigen Säure mit 3, in der Untersalpetersäure mit 4 und in der Salpetersäure mit 5 Aequivalenten Sauerstoff verbunden.

Das Eisenoxyd hingegen muß aus 2 Aequivalenten Eisen und aus 3 Aequivalenten Sauerstoff bestehen, wenn das Eisenoxydul eine Verbindung von 1 Aequivalent Eisen mit 1 Aequivalent Sauerstoff ist; denn nach §. 288 bilden

100 Eisen mit 29 Sauerst., d. i. 350 Eisen mit 100 Sauerst. Eisenoxydul,
100 » » 43 » d. i. 700 » » 300 » Eisenoxyd.

Digitized by Google

§. 379. **Aequivalente Mengen der Verbindungen.** Das Gesetz der Aequivalente läßt sich sehr leicht auf den Fall übertragen, wo Verbindungen höherer Ordnung aus Verbindungen niederer Ordnung zusammentreten.

Das Kali besteht aus 1 Aequivalent Kalium (= 490) und 1 Aequivalent Sauerstoff (= 100); das Aequivalent des Kali's ist die Summe der Aequivalente seiner Bestandtheile, nämlich 590 (= 490 + 100).

Die Schwefelsäure besteht aus 1 Aequivalent Schwefel (= 200) und 3 Aequivalenten Sauerstoff (= 300); das Aequivalent der Schwefelsäure ist demnach 500 (= 200 + 300).

Verbindet sich 1 Aequivalent Kali (= 590) mit 1 Aequivalent Schwefelsäure (= 500), so entsteht neutrales schwefelsaures Kali, dessen Zusammensetzung früher (vergl. §. 207) angegeben worden ist:

Kali . . .	100
Schwefelsäure	84.

Eine einfache Rechnung zeigt aber sogleich, daß 590 zu 500 in demselben Verhältnisse steht, wie 100 zu 84. Das Aequivalent des neutralen schwefelsauren Kali's ist (590 + 500 =) 1090.

Die Thonerde ist dem Eisenoxyd analog; in ihr sind 2 Aequivalente Aluminium = (2.171,2 =) 342,4 mit 3 Aequivalenten Sauerstoff = 300, vereinigt; das Aequivalent der Thonerde ist danach 642,4.

Die neutrale schwefelsaure Thonerde entsteht, wenn 1 Aequivalent Thonerde mit 3 Aequivalenten = (3.500 =) 1500 Schwefelsäure zusammentritt; dem Früheren gemäß ist sein Aequivalent (642,4 + 1500 =) 2142,4.

Neutrales schwefelsaures Kali und neutrale schwefelsaure Thonerde bilden den Alaun, dessen Zusammensetzung nach §. 265 folgende ist:

Kali . . .	10,0
Thonerde . .	10,8
Schwefelsäure	33,7
Wasser . .	45,5.

Der Alaun ist, wenn das Wasser unberücksichtigt bleibt, eine Verbindung von 1 Aequivalent neutralen schwefelsauren Kali's und 1 Aequivalent neutraler schwefelsaurer Thonerde. In 3232,4 Gewichtstheilen enthält er 1090 Gewichtstheile vom ersten und 2142,4 Gewichtstheile vom zweiten, oder auch er enthält:

Digitized by Google

1 Aequivalent Kali . . . = 590,0
1 Aequivalente Thonerde . = 642,4
4 Aequivalente Schwefelsäure = 2000,0.

Die Zahlen 590, 642,4 und 2000 stehen in der That in demselben Verhältnisse wie die Zahlen 10, 10,8 und 33,7.

Wie in den gegebenen Beispielen, so erhält man in allen Fällen das Aequivalent einer Verbindung, wenn man die Aequivalentmengen ihrer Bestandtheile zusammenrechnet. Im Verhältnisse dieser Aequivalente oder von ganzen Vielfachen derselben treten Verbindungen gleicher Ordnung zu einer Verbindung der nächst höheren Ordnung zusammen. Dieses Gesetz ist an einer außerordentlich großen Zahl sowohl von anorganischen Naturproducten, als auch von künstlich erzeugten Präparaten mit der größten Schärfe bestätigt worden.

Chemische Zeichen und Formeln. Nachdem es den Bemühungen §. 380. der Chemiker gelungen war, die in den drei letzten §§. mitgetheilten Gesetze aufzufinden, lag der Gedanke, die chemischen Verbindungen anstatt durch Worte durch Formeln zu bezeichnen, sehr nahe, und die Zeichensprache der Chemie erreichte sehr bald eine Einfachheit und Bestimmtheit, die kaum etwas zu wünschen übrig ließ.

Mit allgemeiner Uebereinstimmung bezeichnet man jedes Element mit den Anfangsbuchstaben seines lateinischen Namens.

So erhält:

der Sauerstoff,	lateinisch	Oxygenium,	das	Zeichen	O.,
» Wasserstoff	»	Hydrogenium,	»	»	H.,
» Stickstoff	»	Nitrogenium,	»	»	N.,
» Kohlenstoff	»	Carbonium,	»	»	C.,
» Eisen	»	Ferrum,	»	»	Fe.,
» Gold	»	Aurum,	»	»	Au.,
» Silber	»	Argentum,	»	»	Ag.,
» Quecksilber	»	Hydrargyrum,	»	»	Hg.,
» Blei	»	Plumbum,	»	»	Pb.,
» Zinn	»	Stannum,	»	»	Sn.,
» Antimon	»	Stibium,	»	»	Sb.

In den übrigen Fällen stimmen die deutschen und lateinischen Namen der Elemente bis auf die Endung mit einander überein.

Eine binäre Verbindung wird durch Nebeneinandersetzung der vorkommenden Elemente bezeichnet, so bedeutet die Formel

H O

zunächst eine Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff. Indem man aber einem jeden Zeichen, wenn es neben einem anderen steht, zugleich die Bedeutung eines Aequivalentes vom angezeigten Elemente beilegt, so

Digitized by Google

wird durch die obige Formel überdies auch eine bestimmte Verbindung zwischen Wasserstoff und Sauerstoff bezeichnet, nämlich eine Verbindung von 1 Aequivalent Wasserstoff mit 1 Aequivalent Sauerstoff oder von 12,5 Gewichtstheilen Wasserstoff mit 100 Gewichtstheilen Sauerstoff, d. i. Wasser.

Um andere Verbindungen zu bezeichnen, welche nicht durch das Zusammentreten der Elemente nach einfachen Aequivalenten gebildet werden, giebt man die Anzahl der vorkommenden Aequivalente durch rechts untergesetzte Ziffern an. Das Wasserstoffsuperoxyd z. B. (vergl. §. 111), welches in 100 Theilen, genau genommen, enthält:

Wasserstoff .	5,88
Sauerstoff .	94,12

oder in anderen Zahlen

Wasserstoff .	12,5
Sauerstoff .	200,0,

ist eine Verbindung von 1 Aequivalent Wasserstoff mit 2 Aequivalenten Sauerstoff; es erhält danach die Formel:

$$H\,O_2.$$

Das Stickstoffoxydul enthält auf 1 Aequivalent Stickstoff 1 Aequivalent Sauerstoff, das Stickstoffoxydgas 2, die salpetrige Säure 3, die Untersalpetersäure 4, die Salpetersäure 5; danach erhalten die Oxydationsstufen des Stickstoffs folgende Formeln:

Stickstoffoxydul . .	NO
Stickstoffoxyd . . .	NO_2
Salpetrige Säure .	NO_3
Untersalpetersäure .	NO_4
Salpetersäure . .	NO_5.

Die Formel für das Eisenoxydul ist

$$Fe\,O,$$

hingegen für das Eisenoxyd ist sie

$$Fe_2\,O_3,$$

denn das erste ist eine Verbindung von 1 Aequivalent Eisen mit 1 Aequivalent Sauerstoff, das zweite eine Verbindung von 2 Aequivalenten Eisen mit 3 Aequivalenten Sauerstoff.

Die Formeln der Verbindungen zweiter Ordnung werden dadurch gebildet, daß man die Formeln der sie constituirenden Verbindungen erster Ordnung neben einander setzt und ihre Vereinigung durch das Additionszeichen — + — andeutet. Dabei wird die Zahl der Aequivalente, nach welcher eine binäre Verbindung auftritt, durch eine links vorgesetzte Ziffer bestimmt.

Digitized by Google

Das neutrale schwefelsaure Kali ist eine Verbindung von 1 Aequivalent Kali — KO — mit 1 Aequivalent Schwefelsäure — SO_3 —, folglich wird es durch die Formel vorgestellt:

$$KO + SO_3.$$

Das saure schwefelsaure Kali hingegen enthält nach §. 207 auf dieselbe Menge Kali doppelt so viel Schwefelsäure, als das neutrale Salz, es muß also eine Verbindung von 1 Aequivalent Kali — KO — mit 2 Aequivalenten Schwefelsäure — $2SO_3$ — sein und demgemäß muß ihm die Formel entsprechen:

$$KO + 2SO_3.$$

Halten wir uns noch an das Beispiel der Verbindungen von Natron und Kohlensäure (vergl. §. 217). Das Natron ist analog dem Kali, eine Verbindung von 1 Aequivalent Natrium — Na — und 1 Aequivalent Sauerstoff, und wird also bezeichnet mit NaO; die Kohlensäure besteht aus 1 Aequivalent Kohlenstoff und 2 Aequivalenten Sauerstoff, ihr kommt also die Formel zu — CO_2 —. Im neutralen kohlensauren Natron treten 1 Aequivalent Natron und 1 Aequivalent Kohlensäure zusammen. Dieses Salz erhält mithin die Formel

$$NaO + CO_2.$$

Das saure kohlensaure Natron enthält auf dieselbe Menge Natron doppelt so viel Kohlensäure, als das neutrale, d. h. auf 1 Aequivalent Natron 2 Aequivalente Kohlensäure oder in der Formel:

$$NaO + 2CO_2.$$

Das kohlensaure Natron-Salz der Trona, entsteht dadurch, daß das saure Salz in der Siedehitze ein Viertheil seines Säuregehaltes verliert; dafür ist mithin, wenn man Brüche vermeiden will, die Formel anzusetzen:

$$2NaO + 3CO_2.$$

Die Formeln der Verbindungen dritter Ordnung werden so gebildet, daß man die Formeln der in ihnen vereinigten Verbindungen zweiter Ordnung in Klammern eingeschlossen neben einander schreibt und ihre Vereinigung durch ein zwischengesetztes Additionszeichen andeutet. Durch eine links vor die Klammer gesetzte Ziffer wird die Anzahl von Aequivalenten, mit welcher die Verbindung zweiter Ordnung in das Ganze eintritt, bezeichnet.

Im Alaun z. B. ist 1 Aequivalent neutrales schwefelsaures Kali — $KO + SO_3$ — mit 1 Aequivalent neutraler schwefelsaurer Thonerde — $Al_2O_3 + 3SO_3$ — verbunden. Dem Alaun gehört also, wenn man den Wassergehalt unberücksichtigt läßt, die Formel

$$(KO + SO_3) + (Al_2O_3 + 3SO_3).$$

Digitized by Google

Ein natürlich vorkommendes Doppelsilicat von Kali und Thonerde, der Leucit, wird bezeichnet

$$(3\,KO + 2\,SiO_3) + 3\,(Al_2O_3 + 2\,SiO_3).$$

Im Leucit ist nämlich 1 Aequivalent eines basisch kieselsauren Kali's, bestehend aus 3 Aequivalenten Kali und 2 Aequivalenten Säure, verbunden mit 3 Aequivalenten einer basisch kieselsauren Thonerde, bestehend aus 1 Aequivalent Thonerde und 2 Aequivalenten Säure.

Wo Krystallisationswasser in chemischen Verbindungen vorkommt, läßt sich seine Menge immer auf Aequivalentenverhältnisse zurückführen; man setzt dasselbe an das Ende der Formeln, indem man es mit dem vorderen Theile derselben durch das Additionszeichen in Zusammenhang bringt. Der krystallisirte Kalialaun z. B. muß bezeichnet werden mit:

$$(KO + SO_3) + (Al_2O_3 + SO_3) + 24\,HO.$$

In diesem Falle wird dann für das Aequivalent des Wassers (lat. Aqua) häufig das Zeichen Aq. angewendet.

Dies sind die gewöhnlichen Bezeichnungsweisen der chemischen Verbindungen, welche im weiteren Verlaufe unseres Textes allein in Anwendung kommen sollen. Obgleich also zum Verständniß der späteren Betrachtungen nichts weiter nothwendig ist, so müssen wir doch, um unseren Lesern auch andere chemische Schriften zugänglich zu machen, noch einige von den üblichsten Abweichungen mittheilen.

Viele Chemiker setzen die Ziffer, welche die Anzahl von Aequivalenten in einer Verbindung anzeigen soll, nicht unter, sondern über das Zeichen. Die Salpetersäure wird z. B.:

$$NO^5 \text{ anstatt } NO_5$$

bezeichnet. Häufig wird ferner in der Formel einer Verbindung zweiter Ordnung das Additionszeichen durch ein bloßes Komma ersetzt, so daß z. B. neutrales schwefelsaures Kali bezeichnet wird mit:

$$KO,SO_3 \text{ anstatt } KO + SO_3.$$

Die Formeln der Verbindungen dritter Ordnung werden dann etwas kürzer, indem die Klammern wegfallen können, wie man aus dem Beispiele des Kalialauns ersieht:

$$KO,SO_3 + Al_2O_3, 3\,SO_3 \text{ anstatt } (KO + SO_3) + (Al_2O_3 + 3\,SO_3).$$

Da der Sauerstoff so sehr häufig als Bestandtheil auftritt, so glaubte man einen besonderen Vortheil damit zu erreichen, daß man sein Aequivalent nicht als Buchstabe — O —, nöthigenfalls mit einer untergesetzten Zahl, nebenschrieb, sondern so viel Punkte über das Zeichen eines Elementes setzte, als Aequivalente Sauerstoff mit ihm zu einem Oxyd verbunden sind. Danach wird bezeichnet:

Digitized by Google

Kali . . .	durch	$\dot{K}$	anstatt durch	KO
Kohlensäure .	»	$\ddot{C}$	» »	CO_2
Schwefelsäure	»	$\ddot{S}$	» »	SO_3.

Um aber nach dieser Methode Verbindungen, wie Eisenoxyd einfach bezeichnen zu können, war es nothwendig, auch den Umstand, daß hier 2 Aequivalente Eisen mit 3 Aequivalenten Sauerstoff verbunden sind, auf eine besondere Weise anzugeben. Man pflegt dann das Zeichen des Eisens mit einem horizontalen Querstriche zu versehen, und schreibt also:

$$\ddot{Fe} \text{ anstatt } Fe_2O_3$$

Eine rechts unter- oder übergeschriebene Ziffer bezieht sich alsdann stets auf das Aequivalent des ganzen Oxydes. Oder es haben gleiche Bedeutung die Zeichen:

$$\ddot{S}_3 \text{ und } 3SO_3,$$

und die Formel für den Kalialaun wird dann:

$$\dot{K}\ddot{S} + \ddot{Al}\ddot{S}_3 + 24\dot{H} \text{ anstatt } (KO + SO_3) + (Al_2O_3 + 3SO_3) + 24HO$$

Schon dieses Beispiel zeigt deutlich genug, welcher Vortheil durch die Bezeichnungsweise hinsichtlich der Kürze der Formeln erreicht wird. Allein dieser Vortheil ist auch der einzige, den die Methode gewährt, und er wird durch den Nachtheil aufgewogen, daß die Zahl der nöthigen Zeichen größer wird.

Neben dem Sauerstoff ist der Schwefel das am häufigsten auftretende Element, auch für ihn ersetzt man mitunter den Buchstaben — S — durch ein einfacheres übergeschriebenes Zeichen, nämlich durch einen Accent. Es bedeutet z. B.

$\acute{H}$	so viel als	HS,	nämlich Schwefelwasserstoff,
$\ddot{Fe}$	» » »	FeS_2,	» Zweifach-Schwefeleisen,
$\dddot{F}$	» » »	Fe_2S_3,	» Eisensulphid.

Aequivalentenzeichen und -Zahlen. — Atome. In der folgenden §. 391. Tabelle sind die jetzt allgemein angenommenen Zeichen der Elemente und die zuverlässigsten Werthe ihrer Aequivalente angegeben.

Digitized by Google

Tabelle über die Aequivalentenzeichen und -Zahlen.

Name des Elementes	Aequivalentzeichen	Aequivalentzahl	Name des Elementes	Aequivalentzeichen	Aequivalentzahl
Sauerstoff . .	O	100,0	Nickel	Ni	369,3
Aluminium . .	Al	171,2	Niobium . . .	Nb	?
Antimon . . .	Sb	1613,0	Norium	No	?
Arsenik	As	937,5	Osmium . . .	Os	1242,5
Baryum . . .	Ba	857,0	Palladium . .	Pd	665,5
Beryllium . .	Be	87,0	Pelopium . . .	Pe	?
Blei	Pb	1294.5	Phosphor . . .	P	392,0
Boron	Bo	136,2	Platin	Pt	1232,0
Brom	Br	1000,0	Queckſilber . .	Hg	1250,0
Cadmium . . .	Cd	696,7	Rhodium . . .	R	652,0
Calcium . . .	Ca	250,0	Ruthenium . .	Ru	?
Cerium	Ce	?	Schwefel . . .	S	200,0
Chlor	Cl	442,6	Selen	Se	495,0
Chrom	Cr	328,0	Silber	Ag	1350,0
Didym	Di	?	Silicium . . .	Si	277,3
Eiſen	Fe	350,0	Stickſtoff . . .	N	175,0
Erbium	Er	?	Strontium . .	Sr	546,0
Fluor	Fl	235,5	Tantal	Ta	?
Gold	Au	2458,0	Tellur	Te	802,0
Jod	J	1585,5	Terbium . . .	Tb	?
Iridium . . .	Jr	1232,0	Thorium . . .	Th	744,0
Kalium	K	490,0	Titan	Ti	301,5
Kobalt	Co	368,5	Uran	U	743,0
Kohlenſtoff . .	C	75,0	Vanadin . . .	V	857,0
Kupfer	Cu	396,0	Waſſerſtoff . .	H	12,5
Lanthan . . .	La	?	Wismuth . . .	Bi	2660,0
Lithium	Li	82,0	Wolfram . . .	W	1188,0
Magneſium . .	Mg	158,0	Yttrium . . .	Y	?
Mangan . . .	Mn	344,7	Zink	Zn	407,0
Molybdän . .	Mo	596,0	Zinn	Sn	735,0
Natrium . .	Na	290,0	Zirconium . .	Zr	?

Digitized by Google

Neben den hier gegebenen Aequivalentenzahlen sind sehr häufig noch andere in Gebrauch, welche sich auf diejenige des Wasserstoffs als Einheit beziehen, also im Verhältnisse $\frac{100}{12,5}$ kleiner sind.

Die Aequivalentenzahlen des Broms, Chlors, Jods, Stickstoffs, Phosphors, Arseniks, Antimons und Wasserstoffs sind einer Hypothese, der sogenannten atomistischen Theorie, zu Liebe von vielen Chemikern halbirt worden, so daß in der rein atomistischen Zeichensprache

H_2O oder $\dot{H}$ anstatt HO Wasser bedeutet,

N_2O_5 » $\ddot{N}$ » NO_5 Salpetersäure »

Cl_2O_5 » $\ddot{Cl}$ » ClO_5 Chlorsäure »

Diese atomistischen Zeichen werden zwar noch vielfach benutzt, aber die atomistische Theorie selbst, so beliebt sie früher gewesen ist, hat jetzt nicht mehr viele unbedingte oder auch nur aufrichtige Anhänger. Insofern durch dieselbe die Aequivalentenlehre sehr einfach, wenn auch auf eine etwas grobsinnliche Weise, veranschaulicht wird, kann ihr ein günstiger Einfluß auf die Entwickelung unserer chemischen Kenntnisse zwar nicht abgesprochen werden; allein dieser Einfluß ist um so weniger ein nothwendiger gewesen, als die atomistische Theorie schon von Grundsätzen ausgeht, welche der gesunden Naturforschung zuwiderlaufen. Von praktischer Bedeutung ist sie nie gewesen; wir dürfen sie daher ganz bei Seite liegen lassen. Gegenwärtig werden die Worte Aequivalent und Atom als ziemlich gleichbedeutend gebraucht.

Formeln der wichtigsten anorganisch chemischen Verbindungen. §. 382. Um die Uebersicht zu erleichtern, sind die Formeln der Verbindungen, welche im vorigen Kapitel ihrer Bildung und Zusammensetzung nach erörtert worden sind, in alphabetischer Ordnung zusammengestellt.

Digitized by Google

Tabelle der Formeln für die wichtigsten anorganisch chemischen Verbindungen.

Name der Verbindung	Formel der Verbindung	Name der Verbindung	Formel der Verbindung
Amid	NH_2	Borsäure, kryst. .	BO_3+3HO
Ammoniak . . .	NH_3	Ceroxyd	Ce_2O_3
Ammoniak, kohlens. anderth. . . .	$2NH_4O+3CO_2$	Ceroxydul . . .	CeO
Ammoniak, kohlens. saur.	NH_4O+2CO_2	Chloraluminium .	Al_2Cl_3
Ammoniak, salpeters.	NH_4O+NO_5	Chlorammonium .	NH_4Cl
Ammoniak, schwefels.	NH_4O+SO_3	Chlorblei . . .	$PbCl$
Ammonium . . .	NH_4	Chlorcalcium . .	$CaCl$
Ammoniumoxyd .	NH_4O	Chlorige Säure .	ClO_3
Antimonige Säure	SbO_4	Chlorkali . . .	$KCl+(KO+ClO)$
Antimonoxyd . .	SbO_3	Chlorkalium . .	KCl
Antimonsäure . .	SbO_5	Chlorkalk . . .	$CaCl+(CaO+ClO)$
Antimonwasserstoff	SbH_3	Chlormagnesium .	$MgCl$
Arsenige Säure .	AsO_3	Chlornatrium . .	$NaCl$
Arsenikhyperoxyd .	AsO	Chlorplatinammonium	$PtCl_2+NH_4Cl$
Arsenikoxyd . . .	s. arsenige Säure	Chlorplatinkalium	$PtCl_2+KCl$
Arsenikſäure . . .	AsO_5	Chlorſäure . . .	ClO_5
Arsenikſäurehydrat.	AsO_5+3HO	Chlorſilber . . .	$AgCl$
Arsenikwasserstoff .	AsH_3	Chlorwasserstoff .	HCl
Baryterde . . .	BaO	Chlorwismuth .	$BiCl_3$
Baryterde, kohlensaure	$BaO+CO_2$	Chlorzink . . .	$ZnCl$
Baryterde, schwefels.	$BaO+SO_3$	Chromoxyd . . .	Cr_2O_3
Baryterdehydrat .	$BaO+HO$	Chromſäure . .	CrO_3
Beryllerde . . .	Be_2O_3	Cyan	C_2N
Blauſäure . . .	s. Cyanwasserstoff	Cyankalium . .	KC_2N
Bleichlorid . . .	s. Chlorblei	Cyanſäure . . .	C_2NO
Bleihyperoxyd . .	PbO_2	Cyanwasserstoff .	C_2NH
Bleihyperoxydul, Mennige . .	Pb_3O_4	Didymoxyd . .	DiO
Bleihyperoxyd . .	Pb_2O	Eisenchlorid . .	Fe_2Cl_3
Bleisesquioxyd .	Pb_2O_3	Eisenchlorür . .	$FeCl$
Borsäure . . .	BO_3	Eisenoxyd . . .	Fe_2O_3
		Eisenoxyd, schwefels. neutr. . . .	$Fe_2O_3+3SO_3$

Digitized by Google

Name der Verbindung	Formel der Verbindung	Name der Verbindung	Formel der Verbindung
Eisenoxydhydrate		Kali, chroms. neutr.	$KO+CrO_3$
a. vieler Braun-eisensteine . .	Fe_2O_3+HO	Kali, chroms. saur.	$KO+2CrO_3$
b. des Eisenrostes	$2Fe_2O_3+3HO$	Kali, kohlens. neutr.	$KO+CO_2$
c. durch Ammoniak aus den Eisenoxydlösungen ausgeschieden .	Fe_2O_3+2HO	Kali, kohlens. saur.	$KO+2CO_2$
		Kali, mangans.	$KO+MnO_3$
Eisenoxydoxydul des Hammerschlags	$6FeO+Fe_2O_3$	Kali, übermangans.	$KO+MnO_7$
		Kalihydrat. . .	$KO+HO$
Eisenoxydoxydul des Magneteisenerzes	$FeO+Fe_2O_3$	Kaliumeisencyanür	$2KC_2N+FeC_2N$
		Kalkerde . . .	CaO
Eisenoxydul . .	FeO	Kalkerde, kohlens. neutr., Kalk .	$CaO+CO_2$
Eisenoxydul, kohlens.	$FeO+CO_2$		
Eisenoxydul, schwfls.	$FeO+SO_3$	Kalkerde, kohlens. saur.	$CaO+2CO_2$
Eisenoxydul, schwefels. kryst., Eisenvitriol . . .	$FeO+SO_3+7HO$	Kalkerde, phosphors. basische in den Knochen . . .	$8CaO+3PO_5$
Eisensäure . . .	FeO_3	Kalkerde, salpeters.	$CaO+NO_5$
Eisensulphid . .	s. Schwefeleisen, anderth.	Kalkerde, schwefels.	$CaO+SO_3$
Eisensulphür . .	s. Schwefeleisen, einfach	Kalkerde, schwefels., Gips	$CaO+SO_3+2HO$
		Kalkerdehydrat .	$CaO+HO$
Erbinerde . . .	EbO	Kieselerde . . .	s. Kieselsäure
Flußsäure . . .	s. Fluorwasserstoff	Kieselfluorwasserstoff	$3SiFl_2+3HO$
Fluorsilicium . .	$SiFl_2$	Kieselsäure . . .	SiO_3
Fluorwasserstoff .	FlH	Kieselflußsäure .	s. Kieselfluorwasserstoff
Goldchlorid . .	$AuCl_3$	Kobaltoxyd . . .	Co_2O_3
Goldchlorür . .	$AuCl$	Kobaltoxydul . .	CoO
Goldoxyd . . .	AuO_3	Kobaltsulphid . .	s. Schwefelkobalt, anderth.
Goldoxydul . .	AuO		
Hydrothionsäure .	s. Schwefelwasserstoff	Kobaltsulphür . .	s. Schwefelkobalt, einfach
Hydrothionige Säure	HS_3	Kohlenoxyd . .	CO
Iridiumoxyd . .	IrO_2	Kohlensäure . .	CO_2
Iridiumoxydul .	IrO	Kohlenwasserstoff, leichter . . .	CH_2
Iridiumsesquioxyd	IrO_3		
Iridiumsesquioxydul	Ir_2O_3	Kohlenwasserstoff, schwerer . . .	CH
Kali	KO		
Kali, chlors. . .	$KO+ClO_5$	Kupferoxyd . . .	CuO

Digitized by Google

Name der Verbindung	Formel der Verbindung	Name der Verbindung	Formel der Verbindung
Kupferoxyd, schwefels. kryst., Kupfervitriol . .	$CuO+SO_3+5HO$	Natron, schwefels. saur.	$NaO+2SO_3$
Kupferoxydul . .	Cu_2O	Natron, schwefels. saur. kryst. . .	$NaO+2SO_3+4HO$
Kupfersulphid . .	CuS	Natronhydrat . .	$NaO+HO$
Kupfersulphür .	Cu_2S	Nickeloxyd . . .	Ni_2O_3
Lanthanoxyd . .	LaO	Nickeloxydul . .	NiO
Manganchlorür .	$MnCl$	Nickelsulphür . .	s. Schwefelnickel, einfach
Manganhyperoxyd	MnO_2		
Manganoxyd . .	Mn_2O_3	Niederschwefelsäure	S_2O_5
Manganoxydhydrat	Mn_2O_3+HO	Norerde	NO_2O_3
Manganoxyduloxydul	$MnO+Mn_2O_3$	Osmiumoxyd . .	OsO_2
Manganoxydul .	MnO	Osmiumoxydul .	OsO
Manganoxydulhydrat . . .	$MnO+HO$	Osmiumsäure . .	OsO_4
Manganoxydulhydrat . . .	MnO_3	Osmiumsesquioxydul	Os_2O_3
Manganoxydulhydrat . .	s. Schwefelmangan	Palladiumoxyd .	PdO_2
Manganoxydulhydrat .	MoO_2	Palladiumoxydul .	PdO
Molybdänoxyd .	MoO	Phosphorige Säure	PO_3
Molybdänoxydul .	MoO^3	Phosphoroxyd . .	P_2O
Molybdänsäure .	NaO	Phosphorsäure .	PO_5
Natron	$NaO+2BO_3+10HO$	a Phosphorsäure .	PO_5+HO
Natron, bors. saur. kryst., Borax .	$NaO+CO_2$	b Phosphorsäure .	PO_5+2HO
Natron, kohlens. neutr. . . .	$NaO+CO_2+10HO$	c Phosphorsäure .	PO_5+3HO
Natron, kohlens. neutr. kryst., Soda	$NaO+2CO_2$	Phosphorsäure, gewöhnl. . .	s. c Phosphorsäure
Natron, kohlens. saur.	$NaO+2CO_2+HO$	Phosphorsäure, Meta- . . .	s. a Phosphorsäure
Natron, kohlens. saur. kryst. . .	$(2NaO+HO)+PO_5+26HO$	Phosphorsäure, Pyro- . . .	s. b Phosphorsäure
Natron, cphosphors. kryst.	$NaO+NO_5$	Phosphorwasserstoff	PH_3
Natron, salpeters.	$NaO+SO_3$	Platinchlorid . .	$PtCl_2$
Natron, schwefels. neutr. . . .	$NaO+SO_3+10HO$	Platinchlorür . .	$PtCl$
Natron, schwefels. neutr. kryst., Glaubersalz .		Platinoxyd . .	PtO_2
		Platinoxydul . .	PtO
		Queckfilberchlorid.	$HgCl$
		Queckfilberchlorür	Hg^2Cl
		Queckfilberoxyd .	HgO

Digitized by Google

Formel der Verbindung	Name der Verbindung	Name der Verbindung	Formel der Verbindung
Queckſilberoxydul	Hg_2O	Schwefelkalium, vierfach . . .	KS_4
Queckſilberſulphid	HgS	Schwefelkalium, fünffach . . .	KS_5
Queckſilberſulphür	Hg_2S	Schwefelkobalt, einfach . . .	CoS
Rhodiumoxyd . .	R_2O_3	Schwefelkobalt, anderthalb . .	Co_2S_3
Rhodiumoxydul .	RO	Schwefelkobalt, zweifach . . .	CoS_2
Salpeterſäure . .	NO_5	Schwefelmangan .	MnS
Salpeterſäurehydrat	$NO_5 + HO$	Schwefelnatrium .	NaS
Salzſäure . . .	ſ. Chlorwaſſerſtoff	Schwefelnickel, einfach . . .	NiS
Salpetrige Säure	NO_3	Schwefelnickel, zweifach . . .	NiS_2
Schwefelammonium	NH_4S_5	Schwefelſäure . .	SO_3
Schwefelammonium, Schwefelwaſſerſtoff	$NH_4S + HS$	Schwefelſäurehydrat	$SO_3 + HO$
Schwefelantimon, dreifach . . .	SbS_3	Schwefelſilber . .	AgS
Schwefelantimon, fünffach . . .	SbS_5	Schwefelwaſſerſtoff	HS
Schwefelarſenik, zweifach . . .	AsS_2	Schwefelwismuth	BiS_3
Schwefelarſenik, dreifach . . .	AsS_3	Schwefelzink . .	ZnS
Schwefelarſenik, fünffach . . .	AsS_5	Schweflige Säure	SO_2
Schwefelblei . .	PbS	Silberchlorid . .	ſ. Chlorſilber
Schwefelcalcium, einfach . . .	CaS	Silberhyperoxyd .	AgO_2
Schwefelcalcium, fünffach . . .	CaS_5	Silberoxyd . . .	AgO
Schwefeleiſen, einfach	FeS	Silberoxyd, ſalpeterſ.	$AgO + NO_5$
Schwefeleiſen, anderthalb . . .	Fe_2S_3	Silberoxydul . .	Ag_2O
Schwefeleiſen, zweifach . . .	FeS_2	Silberſulphid . .	ſ. Schwefelſilber
Schwefelkalium, einfach . . .	KS	Stickſtoffoxyd . .	NO_2
Schwefelkalium, zweifach . . .	KS_2	Stickſtoffoxydul .	NO
Schwefelkalium, dreifach . . .	KS_3	Strontianerde .	SrO
		Strontianerde, kohlenſ. . . .	$SrO + CO_2$
		Strontianerde, ſchwefelſ. . .	$SrO + SO_3$
		Strontianerdehydrat	$SrO + HO$

Digitized by Google

Name der Verbindung	Formel der Verbindung	Name der Verbindung	Formel der Verbindung
Talkerde . . .	MgO	Unterſalpeterſäure	NO_4
Talkerde, kohlenſ. neutr. . . .	$MgO + CO_2$	Unterſchwefelſäure	S_2O_5
Talkerde, kohlenſ. ſaur.	$MgO + 2\,CO_2$	Unterſchweflige Säure . . .	S_2O_2
Talkerde, phosphorſ. Ammoniak-	$(2\,MgO + NH_4O) + PO_5 + 12\,HO$	Uranoxyd . . .	U_2O_3
Talkerde, ſalpeterſ.	$MgO + NO_5$	Uranoxydoxydul .	$UO + U_2O_3$
Talkerde, ſchwefelſ.	$MgO + SO_3$	Uranoxydul . .	UO
Talkerde, ſchwefelſ. kryſt., Bitterſalz	$MgO + SO_3 + 7\,HO$	Vanadinoxyd . .	VO_2
Talkerdehydrat .	$MgO + HO$	Vanadinſäure . .	VO_3
Tantaloxyd . .	TaO	Waſſer	HO
Tantalſäure . .	Ta_2O_3	Waſſerſtoffhyperoxyd	HO_2
Tellurige Säure .	TeO_2	Wismuthchlorid .	ſ. Chlorwismuth
Tellurſäure . .	TeO_3	Wismuthoxyd .	BiO_3
Tellurwaſſerſtoff .	TeH	Wismuthſulphid .	ſ. Schwefelwismuth
Terbinerde . . .	TbO	Wolframoxyd . .	WoO_2
Thon	ſ. Thonerde, kieſelſ. baſ.	Wolframſäure . .	WO_3
Thonerde . . .	Al_2O_3	Yttererde . . .	YO
Thonerde, kieſelſ. baſ., im Thone	$3\,Al_2O_3 + 4\,SiO_3 + 6\,HO$	Zinkchlorid . . .	ſ. Chlorzink
Thonerde, ſchwefelſ. Kali-, Alaun	$(KO + SO_3) + (Al_2O_3 + 3\,SO_3) + 24\,HO$	Zinkſulphid . .	ſ. Schwefelzink
Thonerdehydrat .	$Al_2O_3 + 3\,HO$	Zinkoxyd . . .	ZnO
Thorerde . . .	ThO	Zinkoxyd, ſchwefelſ. kryſt., Zinkvitriol	$ZnO + SO_3 + 7\,HO$
Tiefſchwefelſäure .	S_4O_5	Zinnchlorid. . .	$SnCl_2$
Titanoxyd . . .	Ti_2O_3	Zinnchlorür . .	$SnCl$
Titanoxydul . .	TiO	Zinnoxyd . . .	SnO_2
Titanſäure . . .	TiO_3	Zinnoxyd, a Hydrat	$SnO_2 + 2\,HO$
Ueberchlorſäure .	ClO_7	Zinnoxyd, b Hydrat	$SnO_2 + HO$
Uebermanganſäure	MnO_7	Zinnoxydul . .	SnO
Unterchlorige Säure	ClO	Zinnſäure . . .	ſ. Zinnoxyd
Unterchlorſäure .	ClO_4	Zinnſesquioxyd .	Sn_2O_3
Unterphosphorige Säure . . .	PO	Zinnſulphid . .	SnS_2
		Zinnſulphür . .	SnS
		Zirkonerde . . .	Zr_2O_3

Digitized by Google

Gebrauch chemischer Formeln. Die chemischen Formeln sind §. 383. nicht blos von wissenschaftlicher, sondern auch von sehr großer praktischer Bedeutung. Diese tritt besonders in zwei Beziehungen hervor.

Es ist zuerst offenbar viel leichter, dem Gedächtnisse die Formel einer Verbindung einzuprägen, als die Zahlenverhältnisse ihrer Zusammensetzung. Aus der Formel läßt sich aber die Zusammensetzung mit Hülfe einer Aequivalententafel durch eine sehr einfache Additions- und Proportionsrechnung finden.

Wir wollen beispielsweise die Zusammensetzung des Leucits aus der §. 380 angegebenen ziemlich complicirten Formel berechnen. Dieselbe ist:

$$(3\,KO + 2\,SiO_3) + 3\,(Al_2O_3 + 2\,SiO_3)$$

oder:

$$3\,KO + 3\,Al_2O_3 + 8\,SiO_3.$$

Aus der Tabelle erhält man das Aequivalent des Kaliums = 490, folglich ist dasjenige des Kali's = (490 + 100 =) 590.

Ferner ist das Aequivalent des Aluminiums = 171,2; folglich ist dasjenige der Thonerde = (2 . 171,2 + 3 . 100 =) 642,4.

Endlich beträgt das Aequivalent des Siliciums 277,3, also dasjenige der Kieselsäure (277,3 + 300 =) 577,3.

Die Zusammensetzung des Leucits ist danach:

$$\begin{aligned} 3\,KO &= 3 \,.\, 590{,}0 = 1770{,}0 \\ 3\,Al_2O_3 &= 3 \,.\, 642{,}4 = 1927{,}2 \\ 8\,SiO_3 &= 8 \,.\, 577{,}3 = 4618{,}4 \\ & \qquad\qquad\qquad\quad 8315{,}6. \end{aligned}$$

In 8315,6 Gewichtstheilen Leucit sind also enthalten 1770,0 Gewichtstheile Kali, 1927,2 Gewichtstheile Thonerde und 4618,4 Gewichtstheile Kieselsäure. Um die Zusammensetzung in Procenten auszudrücken, hat man nur noch folgende Proportionen zu ergänzen:

$$8315{,}6 : 100 = 1770 : x$$

x = Kaligehalt in Procenten

$$x = \frac{1770 \,.\, 100}{8315{,}6} = 55{,}5.$$

$$8315{,}6 : 100 = 1927{,}2 : x$$

x = Thonerdegehalt in Procenten

$$x = \frac{1927{,}2 \,.\, 100}{8315{,}6} = 23{,}2.$$

$$8315{,}6 : 100 = 4618{,}4 : x$$

x = Kieselsäuregehalt in Procenten

$$x = \frac{4618{,}4 \,.\, 100}{8315{,}6} = 21{,}3.$$

Digitized by Google

Zusammensetzung des Leucits in Procenten:

Kali . .	= 55,5 %
Thonerde .	= 23,2 »
Kieselsäure	= 21,3 »
	100,0.

Zweitens wird durch den Gebrauch der Formeln die Uebersicht über chemische Zersetzungen und Umsetzungen außerordentlich erleichtert; die Schemata derselben verwandeln sich in einfache Additionen und Subtractionen. Wenige Beispiele werden genügen, um dies zu beweisen.

Das chlorsaure Kali zerfällt, bis zum Glühen erhitzt, in Chlorkalium und Sauerstoffgas (siehe das Schema S. 183).

$$\frac{KO + ClO_5}{K,Cl_6O} = \frac{KCl \text{ und } O_6}{K,Cl_6O}.$$

Zink, Wasser und Schwefelsäure geben schwefelsaures Zinkoxyd und Wasserstoffgas (s. das Schema S. 194).

$$\frac{Zn, SO_3, HO}{Zn, S, H_4O} = \frac{ZnO + SO_3 \text{ u. } H}{Zn, S, H_4O}.$$

Durch Schwefelsäurehydrat wird das salpetersaure Kali in saures schwefelsaures Kali und Salpetersäurehydrat zersetzt (s. das Schema S. 232).

$$\frac{KO + NO_5, 2(SO_3 + HO)}{K, 2S, N, 2H_{,13}O} = \frac{KO + 2SO_3 + HO \text{ u. } NO_5 + HO}{K, 2S, N, 2H_{,13}O}.$$

In der Siedehitze liefert das salpetersaure Ammoniak Wasser und Stickstoffoxydulgas.

$$\frac{NH_4O + NO_5}{2N, 4H, 6O} = \frac{4HO \text{ u. } 2NO}{2N, 4H, 6O}.$$

Aber nicht allein in die Art und Weise, wie sich die Elemente bei einer Zersetzung in verschiedene Gruppen vertheilen, gestattet die Anwendung der Formeln eine sehr einfache und bestimmte Einsicht, auch die Gewichtsverhältnisse, in welchen die einzelnen Stoffe zur völligen gegenseitigen Zersetzung und Verbindung erfordert werden, können aus den Formeln berechnet werden.

Fragt man z. B. danach, wiviel Schwefelsäurehydrat schlechterdings erfordert werde, um 100 Gewichtstheile Salpetersäure zu zersetzen, so ersieht man aus den obigen Formeln, daß auf 1 Aequivalent Salpeter 2 Aequivalente Schwefelsäurehydrat nothwendig sind. Nun beträgt

1 Aequivalent Kali . . .	(490 + 100 =)	= 590
1 » Salpetersäure	(175 + 5 . 100 =)	= 675
1 Aequivalent Salpeter . .	(590 + 675)	= 1265

ferner:

Digitized by Google

2 Aequivalente	Schwefelsäure	$(2\,[200 + 3.100] =) = 1000$
2 »	Wasser . .	$(2\,[12{,}5 + 100] =) = 225$
2 Aequivalente	Schwefelsäurehydrat	$(1000 + 225) =) = 1225.$

Auf 100 Gewichtstheile Salpeter sind also 96,8 Gewichtstheile Schwefelsäurehydrat nöthig, denn:

$$1265 : 100 = 1225 : x$$

$$x = \frac{100.1225}{1265} = 96{,}8.$$

Fragt man ferner, wie viel Gewichtstheile Salpetersäurehydrat die 100 Gewichtstheile Salpeter bei völliger Zersetzung liefern können, so kommt nach der Formel auf 1 Aequivalent Salpeter 1 Aequivalent Salpetersäurehydrat, d. i. auf 1265 Gewichtstheile Salpeter 787,5 Gewichtstheile Salpetersäurehydrat.

1 Aequivalent	Salpeter . . .	$= 1265$
1 »	Salpetersäure . .	$= 675{,}0$
1 »	Wasser	$= 112{,}5$
1 Aequivalent	Salpetersäurehydrat	$= 787{,}5.$

100 Gewichtstheile Salpeter können mithin 62,2 Gewichtstheile Salpetersäurehydrat geben, denn:

$$1265 : 100 = 787{,}5 : x$$

$$x = \frac{100.787{,}5}{1265} = 62{,}2.$$

Digitized by Google

Dritter Abſchnitt.

Analytiſche Chemie.

§. 384. Wer die Chemie für einen praktiſchen Zweck ſtudirt und ſeine chemiſchen Kenntniſſe in der Praxis anwenden will, wird die meiſten ſeiner Betrachtungen an die Frage nach der chemiſchen Zuſammenſetzung dieſes oder jenes Stoffes anknüpfen müſſen. Nun ſind zwar ſchon ſehr viele Stoffe nach ihrer chemiſchen Zuſammenſetzung genau unterſucht worden, aber dennoch bleiben bei ihrer für unſer Auffaſſungsvermögen an das Unendliche grenzenden Mannichfaltigkeit viele zu unterſuchen übrig. Beſonders der Landwirth findet noch viele derartige Fragen unerledigt, und wird häufig in den Fall kommen, ſich ſelbſt helfen zu müſſen, wenn er ſich mit Vermeidung aller unbegründeten Vorausſetzungen die praktiſchen Regeln ſeines Verfahrens im Sinne der geſunden Naturforſchung zu erklären und zu rechtfertigen ſucht; ſeine Betrachtungen verlaufen in's Unbeſtimmte und verlieren ihre praktiſche Bedeutung, wenn ſie ſich nicht an einzelne Fälle anſchließen und von der Kenntniß der ſpeciellen Einzelnheiten eines Falles ausgehen. Die Methoden, nach welchen man die Zuſammenſetzung der Stoffe beſtimmt, verdienen deshalb ſehr die Aufmerkſamkeit der rationellen Landwirthe.

Dieſelben ſind als ein beſonderer Theil der Chemie unter dem Namen *analytiſche Chemie* zuſammengeſtellt worden, und ſind glücklicher Weiſe zum größeren Theile ſehr einfach, erfordern auch nur geringen Vorrath von Apparaten und Materialien, ſo daß ſie leicht mit einer gewiſſen Sicherheit und ohne großen Aufwand ausgeführt werden können.

Bei der Unterſuchung eines Stoffes auf ſeine chemiſchen Beſtandtheile, bei der *chemiſchen Analyſe* eines Stoffes hat man entweder blos die Abſicht, zu erfahren, von welcher Art die Beſtandtheile ſind — *qualitative Analyſe* — oder man will zugleich auch das gegenſeitige Gewichtsverhältniß der vorkommenden Beſtandtheile ermitteln — *quantitative Analyſe*. —

Digitized by Google

Die qualitative Analyse anorganischer Stoffe bietet die einfachste Gelegenheit zur Anstellung chemischer Versuche; ihre Ausübung dient vorzüglich dazu, die chemischen Kenntnisse zu befestigen und zu beleben, indem sie einen leichten Uebergang von der Theorie zur Praxis darbietet; die Sicherheit, womit ihre Methoden zum Ziele führen, ermuthigt und befriedigt im höchsten Grade, so daß die Beschäftigung mit ihr dem Anfänger nicht genug empfohlen werden kann. Deshalb haben wir dieselbe, um die Aufgaben nicht zu sehr beschränken zu müssen, nicht blos in dem Umfange speciell landwirthschaftlicher Fragen, sondern allgemein praktischer Interessen behandelt.

In Bezug auf die quantitative Analyse hingegen haben wir uns streng auf den speciellen Gegenstand unseres Werkes beschränkt und die Methoden nur soweit mitgetheilt, als die Kenntniß derselben zur Untersuchung von Aschen, Boden- und Düngerarten unerläßlich ist.

Quantitative Analysen sind bei weitem zeitraubender und ermüdender, als qualitative; sie sollten nur von Solchen unternommen werden, die sich in der Ausführung qualitativer Analysen die gehörige Uebung und Umsicht erworben haben, sonst haben sie in der Regel wenig Werth.

Jeder quantitativen Analyse muß eine qualitative vorausgehen.

In qualitativer wie in quantitativer Hinsicht lassen wir die Analyse der Gase unberücksichtigt, theils weil diese Aufgabe zu viel Schwierigkeiten darbietet, theils weil sie zu dem besonderen Zwecke dieses Werkes in einer zu entfernten Beziehung steht.

Was die Einzelnheiten des Verfahrens betrifft, so müssen wir in vielen Fällen auf den besonderen Abschnitt über die chemischen Geräthe und Operationen verweisen.

Digitized by Google

I. Qualitative Analyse anorganischer Stoffe.

1. Beschreibung des zu untersuchenden Stoffes.

§. 385. Zur allgemeinen Verständigung ist es nothwendig, den Stoff, welchen man einer chemischen Untersuchung unterwerfen will, nach seinen Hauptmerkmalen kurz zu beschreiben.

Ist der Stoff flüssig, so bezeichnet man ihn nach dem Grade seines Flüssigseins, als:

zähflüssig (wie Sirup),
dickflüssig (wie Oel),
leichtflüssig (wie Wasser).

Ist derselbe starr, so beachtet man zunächst, ob er krystallinisch oder nicht krystallinisch, d. h. derb sei. Im ersten Falle sucht man die Form der Krystalle oder des krystallinischen Gefüges zu beschreiben. Im anderen Falle giebt man die Größe, Form und Oberflächenbeschaffenheit der Stücke an; man unterscheidet abgerundete, eckige und kantige Stücke mit ebener, gekrümmter, glatter oder rauher Oberfläche.

Dann untersucht man bei starren Stoffen den Grad ihrer Elasticität. Man bringt sie in eine Reibschale und probirt, ob sie sich mit dem Reiber leicht zerdrücken und pulvern lassen; oder wickelt sie in Papier, legt sie auf eine harte Unterlage und schlägt mit dem Hammer darauf. Dabei zerspringen sie mehr oder minder leicht, sie sind weich oder hart, und die Stücke, in welche sie zerspringen, zeigen entweder keine Spuren einer Zusammendrückung oder sie sind breitgedrückt, sie sind spröde oder dehnbar. Frische Bruchflächen haben häufig eine etwas andere Beschaffenheit, als die ursprünglichen Oberflächen; außer den oben angeführten Merkmalen beobachtet man häufig auch erdige oder körnige Beschaffenheit.

Die Oberfläche starrer Stoffe spiegelt entweder das auffallende Licht regelmäßig und mehr oder minder vollständig, sie glänzt, ist farblos oder farbig; oder sie zerstreut das Licht, sie ist matt, weiß oder farbig.

Digitized by Google

Häufig hat das Pulver eines Stoffes eine hellere und andere Farbe, als größere Stücke davon.

Flüssige, wie starre Stoffe sind entweder durchsichtig, durchscheinend oder undurchsichtig, und nach der Art des durchgelassenen Lichtes sind sie entweder farblos oder farbig.

Eines der besten Unterscheidungsmerkmale liefert zwar die Dichte; aber nur in wichtigen Fällen bestimmt man sie nach den in §. 30 bis 34 gegebenen Regeln.

Der Geschmack der Stoffe ist als ein Merkmal von untergeordneter Bedeutung zu betrachten, da die Geschmacksempfindungen nur nach Aehnlichkeiten bestimmt werden können, und nicht von Allen in gleicher Weise aufgefaßt werden. Da man überdies häufig giftige Stoffe untersuchen muß, die auch in sehr geringer Menge genossen nachtheilig, ja gefährlich auf die Gesundheit einwirken, so läßt man das Merkmal des Geschmacks im Allgemeinen ganz unberücksichtigt.

Der Geruch ist nur in wenigen Fällen ein bestimmtes Unterscheidungsmerkmal.

Schmecken können nur solche Stoffe, die sich in der Gaumenflüssigkeit auflösen; riechen können nur verdampfbare Stoffe.

---

2. Auflösung des zu untersuchenden Stoffes.

Auflösungsmittel. Bei weitem die meisten Versuche, die man bei §. 386.
der qualitativen Analyse anzustellen hat, erfordern, daß sich der zu untersuchende Stoff im tropfbar flüssigen Zustande befinde. Starre Stoffe muß man daher in einer Flüssigkeit auflösen, ehe man sie untersuchen kann *).

Da die Auflösung eines Stoffes um so rascher vor sich geht, je größer die Berührungsfläche ist, welche er dem Lösungsmittel darbietet; so pulvert man, wo möglich, die Stoffe, aber nur gröblich, ehe man sie mit dem Lösungsmittel zusammenbringt.

*) Es giebt allerdings noch ein anderes Mittel, Stoffe flüssig zu machen, nämlich Temperaturerhöhung bis zur Schmelzung. Dieses Mittels bedient man sich bei der Untersuchung mit dem Löthrohre, indem man kleine Mengen der zu untersuchenden Stoffe auf Kohle in der Stichflamme des Löthrohres bald für sich erhitzt, bald mit anderen Salzen (Soda, Borax u. s. w.) zusammenschmilzt. So vortheilhaft indessen die Anwendung des Löthrohres für die mineralogische Chemie ist namentlich bei der Untersuchung von Erzen, so unzureichend und entbehrlich ist sie für die Aufgaben der Agriculturchemie.

Digitized by Google

Findet eine Auflösung Statt, so zeigt die Flüssigkeit nach einiger Zeit Streifen und Linien in der Nähe des Pulvers, indem die entstandene Lösung, welche sich in der Ruhe nur langsam gleichmäßig durch das Ganze verbreitet, das Licht anders bricht, als das reine Auflösungsmittel.

Lösungsmittel von allgemeiner Anwendbarkeit sind Wasser, Salpetersäure und Salzsäure; in einigen Fällen wird Salpetersalzsäure angewendet. Daß hier blos von reinem, d. i. destillirtem Wasser, reiner Salpetersäure und Salzsäure die Rede ist, braucht wohl kaum erwähnt zu werden.

Das Wasser löst eine sehr große Zahl von Basen, Säuren und Salzen auf, es ist deshalb und weil es nur selten die Mischung der aufgelösten Stoffe verändert, auch die mit der Lösung weiter vorzunehmenden Versuche in keiner Weise stört, das am allgemeinsten anwendbare Auflösungsmittel. Man muß dasselbe immer zuerst anwenden.

Das Lösungsvermögen des Wassers ist nach seiner Temperatur sehr verschieden, so daß eine heiß bereitete Auflösung in der Kälte häufig einen Theil des Gelösten wieder absetzt. Die Auflösung wird stets durch Erwärmung beschleunigt.

Man darf nicht unterlassen, eine wässerige Lösung auf ihr Verhalten gegen Lackmus- und Curcumatinctur zu untersuchen.

Lackmustinctur wird geröthet von den Lösungen aller Säuren, fast aller sauren Salze, und fast aller Salze der eigentlichen Erden und Metalloxyde.

Curcumatinctur wird gebräunt von den Lösungen der Alkalien und alkalischen Erden, ihrer basischen, ihrer kohlensauren, borsauren, phosphorsauren u. s. w. Salze und ihrer Schwefelverbindungen.

Lackmustinctur und Curcumatinctur werden beide nicht verfärbt durch die Lösung der meisten neutralen Alkalisalze, durch die Lösungen aller neutralen Salze der alkalischen Erden, des Manganoxyduls und Silberoxydes.

Borsäure und die essigsauren Bleioxyde bräunen Curcumatinctur und bläuen zugleich Lackmustinctur.

Man sagt gewöhnlich, eine Lösung reagire alkalisch, wenn sie Curcumatinctur bräunt, sauer, wenn sie Lackmustinctur röthet, und neutral, wenn sie beide Tincturen unverändert läßt. Neutrale oder saure Reaction und neutrale oder saure Beschaffenheit bedeuten also nicht immer gleich viel.

Die Anwendung der Tincturen geschieht so, daß man weißes Papier mit ihnen färbt, aus dem gefärbten Papier etwa linienbreite Streifen schneidet, und auf diese Streifen etwas von der Lösung mittelst eines eingetauchten Glasstabes aufstreicht.

Digitized by Google

Nächst dem Wasser ist die Salpetersäure das bequemste Auflösungsmittel, welches stets dann in Anwendung kommt, wenn die Lösung durch Wasser nicht erreicht werden konnte.

Schon die verdünnte Salpetersäure, welcher auf 1 Theil concentrirter Säure mehr als 2 Theile Wasser zugesetzt sind, löst alle Oxyde — mit Ausnahme der geglühten eigentlichen Erden, des Zinn- und Antimonoxydes —, fast alle Salze, deren Säuren nicht Metalloxyde sind, und die Metalle, welche sich leicht auf Kosten des Wassers oxydiren, wie das Zink, die letzten unter Wasserstoffgasentwickelung. Alle Stoffe, welche in Wasser löslich sind, lösen sich auch in verdünnter Salpetersäure.

Die concentrirte Salpetersäure wirkt zugleich oxydirend und lösend. Ein Theil derselben zersetzt sich unter Entwickelung salpetriger Dämpfe und Abgabe von Sauerstoff, ein anderer Theil derselben löst das gebildete Oxyd auf. Oxydirt werden durch sie die Metalle und Schwefelmetalle mit sehr wenigen Ausnahmen, wie Gold, Platin und Queckſilbersuphid, gelöst werden alle Oxyde mit Ausnahme von Zinnoxyd und Antimonoxyd, ferner von Baryterde und Bleioxyd, deren salpetersaure Salze in concentrirter Salpetersäure unlöslich sind.

Die Salpetersäure ist für den weiteren Gang der Untersuchung nicht hinderlich, weil ihre Salze sämmtlich in Wasser leicht löslich sind.

Die Salzsäure gestattet keine so allgemeine Anwendung, wie die Salpetersäure, da sie bei weitem weniger Metalle und Schwefelmetalle auflöst. Sie dient besonders als Auflösungsmittel für Hyperoxyde, die sie unter Chlorgasentwickelung zu löslichen Oxyden oder Oxydulen reducirt (vergl. S. 273). Sie löst ferner das sehr häufig vorkommende Eisenoxyd viel leichter auf, als die Salpetersäure, und ein Ueberschuß von ihr läßt sich aus einer Lösung durch bloßes Verdampfen ziemlich leicht entfernen.

Die Salpetersalzsäure wirkt gleichzeitig oxydirend durch die gebildete Untersalpetersäure und auflösend durch das gebildete Chlor (vergl. §. 180). Sie dient zur Auflösung des Goldes und Platins (vergl. §. 366 und §. 370) und solcher Schwefelmetalle, die sich in Salpetersäure oder Salzsäure entweder gar nicht, oder doch nur sehr langsam lösen.

Aufschließungsmittel. Der Einwirkung der angeführten Lösungs- §. 387.
mittel entziehen sich außer anderen Stoffen auch die Silicate, deren Untersuchung gerade für landwirthschaftliche Zwecke häufig gefordert wird. Diese müssen unter Abscheidung der Kieselerde zersetzt, oder, wie man sich ausdrückt, aufgeschlossen werden, um ihre Basen in Auflösung zu bringen.

Concentrirte Salzsäure zerlegt einige Silicate, indem sie die Basen als Chloride aufnimmt und die Kieselsäure als gallertartiges Hydrat abscheidet. Pulvert man diese Silicate recht fein, übergießt sie mit

Digitized by Google

Salzsäure, dampft bis zur Trockne ein, befeuchtet den trockenen Rückstand mit etwas Salzsäure und setzt nach etwa einer Stunde Wasser zu, so lösen sich die Basen des Silicates auf, während der ganze Kieselsäuregehalt rein zurückbleibt. Viele Silicate werden jedoch durch Salzsäure nur unvollständig zersetzt, viele kaum angegriffen.

Weit kräftiger als Salzsäure wirkt *concentrirte Schwefelsäure* auf die Silicate, wenn man das Pulver derselben mit ihr bis zur völligen Trockne eindampft. Aus der eingedampften Masse zieht Wasser die Basen als schwefelsaure Salze aus, unter Zurücklassung von mehr oder weniger verunreinigter Kieselerde. Aber selbst die sehr verwitterten Silicate im Lehm und im Ackerboden werden auf diese Weise nie vollständig zersetzt.

Eine vollständige Aufschließung aller Silicate wird erreicht durch Glühen mit wasserleerem kohlensauren Natron, oder durch Behandeln mit Fluorwasserstoffsäure.

Am gewöhnlichsten ist die Anwendung des *entwässerten kohlensauren Natrons*. Das zu zersetzende Silicat wird fein gepulvert, mit 3—4 mal so viel kohlensauren Natrons gleichmäßig gemengt, und das Gemenge in einem Platintiegel ½—1 Stunde lang in der Rothglühhitze erhalten, so daß es nach dem Glühen eine zusammengeschmolzene oder doch wenigstens stark zusammengesinterte Masse darstellt. In der Glühhitze hat das kohlensaure Natron einen Theil seiner Kohlensäure gegen Kieselsäure vertauscht, und dadurch sind die früher an die Kieselsäure gebundenen Basen frei geworden. Versetzt man die geglühte Masse mit einem Ueberschuß von Salzsäure und dampft bis zur Trockne ein, so ist die Kieselsäure unlöslich geworden; nach Befeuchten mit etwas Salzsäure nimmt Wasser die Basen auf und hinterläßt reine Kieselerde. Nur wenn das Silicat vor dem Mengen mit kohlensaurem Natron nicht fein genug gepulvert, oder nicht lange genug geglüht war, bleibt etwas davon unzersetzt mit der abgeschiedenen Kieselerde zurück.

Schließt man die Silicate durch kohlensaures Natron auf, so muß bei der weiteren Untersuchung nothwendiger Weise die Frage unentschieden bleiben, ob Alkalien mit zu den Basen des Silicates gehört haben. Da nun gerade darauf besonders bei Bodenuntersuchungen viel ankommt, so ist die angeführte Methode für sich noch unzureichend.

Die einfachste Aufschließungsmethode, bei welcher das Einmengen von Alkalien vermieden wird, besteht darin, daß man die Silicate in Fluorsilicate verwandelt, und daraus durch Behandeln mit Schwefelsäure die Kieselflußsäure gasförmig austreibt (vergl. §. 199). Die Kieselsäure des Silicates wird dabei völlig entfernt, die Basen bleiben als schwefelsaure Salze zurück. Um diese Art der *Aufschließung durch Fluorwasser-*

Digitized by Google

stoffsäure auszuführen, bedient man sich einer etwa 6 Zoll weiten und 2½ Zoll hohen Bleischale, Fig. 237, in deren Mitte auf einen Bleiklotz eine Platinschale gesetzt werden kann. Auf der Platinschale wird das mit Wasser befeuchtete Silicatpulver flach ausgebreitet; der Boden der Schale wird etwa ½ Zoll hoch mit einem breiartigen Gemenge von Flußspathpulver und Schwefelsäure überdeckt. Hierauf wird die Schale mit einer Bleiplatte bedeckt und mäßig erwärmt. Aus dem Gemenge von Flußspath und Schwefelsäure entwickelt sich Fluorwasserstoffgas, welches mit der Kieselsäure des Silicates Kieselfluorwasserstoffsäure bildet. Diese Einwirkung wird dadurch beschleunigt, daß man das Silicatpulver von Zeit zu Zeit mit ein paar Tropfen Wasser befeuchtet; ist sie vollendet, so nimmt man die Platinschale aus dem Apparat, giebt tropfenweise Schwefelsäure darauf und erhitzt anfangs gelinde, später stärker, bis alle überschüssig zugesetzte Schwefelsäure verflüchtigt ist, d. h. bis die Masse in der Schale zu rauchen aufhört. Der Rückstand in der Schale enthält die Basen des zersetzten Silicates an Schwefelsäure gebunden; er löst sich gewöhnlich schon in Wasser leicht.

Fig. 237.

Nach jeder Art der Aufschließung erhält man die Basen des Silicates in einer Auflösung vereinigt.

---

3. Prüfung der Auflösung des zu untersuchenden Stoffes mit Reagentien.

Wirkung der Reagentien. Hat man einen Stoff in eine Auflösung gebracht, so setzt man derselben andere bekannte Stoffe zu, durch welche ein chemischer Proceß hervorgerufen wird, dessen Erfolg für gewisse basische oder saure Bestandtheile der Lösung charakteristisch ist. Die zugesetzten Stoffe werden in dieser Beziehung Reagentien genannt. §. 388.

Die gewöhnliche Art des Erfolges, welcher durch ein zugesetztes Reagens hervorgerufen wird, besteht darin, daß sich durch Austausch zwischen den Bestandtheilen des Reagens und der Lösung eine neue Verbindung in starrer Form ausscheidet, daß sich ein Niederschlag bildet, oder daß etwas gefällt wird.

Setzt man z. B. zu einer Lösung von schwefelsaurem Eisenoxydul in Wasser Kalilösung, so bildet sich schwefelsaures Kali und Eisenoxydulhydrat. Die erste Verbindung bleibt aufgelöst, das letzte scheidet sich in weißen

Digitized by Google

Flocken ab. Man sagt dann, schwefelsaures Eisenoxydul oder überhaupt eine Eisenoxydullösung werde durch Kali weiß, flockig gefällt.

Setzt man hingegen zu einer Lösung von schwefelsaurem Eisenoxydul Chlorbaryumlösung, so entsteht Eisenchlorür und schwefelsaure Baryterde; das erste bleibt gelöst, die andere wird als feines weißes Pulver ausgeschieden. Die Schwefelsäure wird aus ihren Lösungen durch Baryterde weiß, pulverig gefällt.

Die frisch gefällte schwefelsaure Baryterde und andere Niederschläge sind so außerordentlich feine Pulver, daß sie sich in der Flüssigkeit lange Zeit schwebend erhalten, und zwar um so länger, je verdünnter die Lösungen sind. In sehr verdünnten Auflösungen erscheinen feinpulverige Ausscheidungen als bloße Trübungen.

Viele Niederschläge haben eine krystallinische Beschaffenheit, wenn auch die einzelnen Krystalle erst unter dem Mikroskope deutlich erscheinen und sind in der Flüssigkeit, aus welcher sie sich ausscheiden, nicht absolut unlöslich. Diese scheiden sich erst nach einiger Zeit vollständig ab und bei starker Verdünnung treten sie nicht augenblicklich hervor. Ihre Entstehung wird dann besonders durch Umrühren der Flüssigkeit oder vielmehr durch Anreiben eines Glasstabes an die Gefäßwände befördert; die Krystalle setzen sich an den geriebenen Stellen leicht ab, so daß die Spur des Stabes matt erscheint, obgleich die Gefäßwand nicht im Mindesten zerkratzt war. Dieses Verhalten zeigen besonders die sauren Lösungen von Talkerdesalzen, wenn man sie mit Ammoniak und phosphorsaurem Natron versetzt. Bei stärkerer Verdünnung ist der Niederschlag, auch wenn umgerührt wurde, oft erst nach Verlauf von mehreren Stunden sichtbar.

Die Beschaffenheit des Niederschlages ist häufig von der Menge, in welcher das Reagens zugesetzt wurde, abhängig. Ein zuerst gebildeter Niederschlag verbindet sich zuweilen mit einer größeren Menge des Reagens, und diese Verbindung löst sich wieder auf, oder, wie man sagt, der Niederschlag ist in einem Ueberschusse oder Uebermaße des Reagens löslich. So wird die Thonerde aus ihren Lösungen durch Kali als weißflockiges Thonerdehydrat gefällt; setzt man aber mehr Kali zu, so daß die Flüssigkeit eine alkalische Reaction erhält, so löst sich das Thonerdehydrat nach und nach als Thonerdekali wieder vollständig auf.

Zur Unterscheidung der Niederschläge ist es überhaupt häufig nöthig, daß man probirt, wodurch sie wieder gelöst werden; als Auflösungsmittel dienen dann theils Säuren, wie Salpetersäure und Salzsäure, theils Alkalien, wie Kali und Ammoniak, theils Alkalisalze, namentlich Chlorammonium. Die Niederschläge z. B., welche durch Chlorbaryum in kohlensauren und schwefelsauren Lösungen erzeugt werden, sind beide weiß pulverig, und können nach dem bloßen Aussehen nicht mit Sicherheit von

Digitized by Google

einander unterschieden werden; die ersten lösen sich jedoch leicht in Säuren auf, die letzten sind darin völlig unlöslich. Um an Reagentien zu sparen, stellt man dergleichen Lösungsversuche in der Regel nur mit kleinen Mengen des Niederschlages an.

Manche Niederschläge verändern sich, wenn man sie mit der Flüssigkeit, aus der sie entstanden sind, längere Zeit stehen läßt. Diese Veränderung beruht gewöhnlich auf einer höheren Oxydation des Niederschlages, veranlaßt durch den Zutritt der Luft. Besonders charakteristisch ist dieses Verhalten für die Niederschläge, welche man aus einer Eisenoxydullösung erhält. Der Niederschlag durch Ammoniak ist anfangs weiß und besteht aus Eisenoxydulhydrat; er wird aber bald graugrün und zuletzt braun, indem er durch Eisenoxydoxydulhydrat in Eisenoxydhydrat übergeht. Auch das Licht übt zuweilen einen Einfluß aus, indem es bald nur die Farbe eines Niederschlages verändert, bald auch die chemische Zusammensetzung.

Die Hauptpunkte, die man bei der Entstehung eines Niederschlages zu beachten hat, sind die folgenden.

1. Entstehungszeit des Niederschlages. Ein Niederschlag entsteht entweder augenblicklich, oder er scheidet sich erst allmälig vollständig ab, wird auch wohl erst durch Umrühren hervorgerufen.
2. Form des Niederschlages. Hier unterscheidet man:
   A. Krystallinische Niederschläge — Niederschlag aus Ammoniaksalzlösungen durch Platinchlorid.
   B. Körnige Niederschläge — Niederschlag durch Ammoniak und zugleich phosphorsaures Natron aus sauren Talkerdesalzlösungen.
   C. Pulverige Niederschläge — Niederschlag durch Schwefelsäure aus Barytsalzlösungen.
   D. Flockige Niederschläge — Niederschlag durch Schwefelwasserstoff aus Bleioxydlösungen oder Niederschlag durch Salzsäure aus Silberoxydlösungen.
   E. Voluminöse Niederschläge — Niederschlag durch Ammoniak aus Thonerdelösungen.
3. Farbe der Niederschläge. Es genügt, wenn man die Unterschiede nach den Hauptfarben angiebt; ein etwa eintretender Farbenwechsel ist wohl zu bemerken.
4. Löslichkeit des Niederschlages, und zwar:
   A. im Ueberschusse des Reagens,
   B. in Säuren,
   C. in Alkalien oder Alkalisalzen.

Nur selten besteht die Wirkung eines Reagens darin, daß ein Gas

Digitized by Google

entbunden wird. Die gewöhnlich vorkommenden Gasarten sind Ammoniakgas, Kohlensäuregas, Schwefelwasserstoff und salpetrige Dämpfe; diese sind sehr leicht von einander zu unterscheiden, schon durch ihre Farbe und ihren Geruch.

§. 389. **Anwendung der Reagentien.** Fast alle Reagentien werden als wässerige Lösungen angewendet. Man bewahrt sie in Glasflaschen mit gut eingeriebenem Stöpsel.

Die Mischung der Reagentien mit der zu untersuchenden Auflösung geschieht in kleinen Probirgläschen. Die kleinen tiefen Bechergläser, Fig. 238, zeichnen sich durch Brauchbarkeit und zugleich durch Haltbarkeit aus. Sie haben eine Höhe von etwa 4 Zoll; ihre obere Oeffnung ist etwa 1 Zoll weit.

Fig. 238.

Sie dürfen weder einen flachen und breiten Boden haben, damit man mit kleinen Proben Versuche machen kann, noch einen zu spitzig zulaufenden, damit man sie gut reinigen kann.

Es reicht hin, wenn die Probe der zu untersuchenden Flüssigkeit im Probirglase ½ bis ¾ Zoll hoch steht.

Das Zugießen des Reagens geschieht tropfenweise, damit ein im Ueberschusse des Reagens sehr leicht löslicher Niederschlag nicht übersehen wird. Die Tropfen läßt man vom Stöpsel des Reagensglases ablaufen, wie es Fig. 239 zeigt.

Fig. 239.

Größere zu untersuchende Flüssigkeitsmengen faßt man in Cylinder oder weite Glasbecher und rührt sie jedesmal um, wenn man eine größere Menge des Reagens zugesetzt hat.

Die angegebenen Probirgläser, Fig. 238, gestatten nicht, eine Flüssigkeit in ihnen zu erwärmen. Soll daher die Flüssigkeit oder ein in ihr gebildeter Niederschlag für irgend einen Zweck erwärmt werden, so muß man sie in Kölbchen aus gleichmäßig dünnem Glase bringen, von denen die kleinsten etwa 1 Zoll Durchmesser haben.

Die Concentration der zu untersuchenden Flüssigkeit muß so stark genommen werden, daß die Niederschläge weder wegen zu feiner Vertheilung undeutlich werden, noch daß sie die Flüssigkeit ganz einsaugen können.

§. 390. **Gewöhnliche Reagentien.** Die Reagentien sind in jeder guten Apotheke vorräthig zu finden, so daß es eine unnöthige Weitläufigkeit wäre, wenn man sie sich selbst bereiten wollte. Nur wenige, wie Schwefelwasserstoff und Salpetersalzsäure, stellt man sich selbst dar, um sie frisch zu verbrauchen.

Dagegen ist es nothwendig, sich von der Reinheit der angewendeten

Digitized by Google

Reagentien zu überzeugen und wenigstens zu wissen, welche Verunreinigungen in ihnen vorkommen, damit man nicht irrthümlich einen dem Reagens beigemengten Stoff für einen Bestandtheil der zu untersuchenden Lösung ansieht.

In der folgenden Aufzählung ist deshalb neben der speciellen Wirkung der Reagentien auch auf die in ihnen gewöhnlich vorkommenden Verunreinigungen Rücksicht genommen.

1. Wasser. Das Wasser dient nur selten, z. B. für die Lösung der Wismuthoxydsalze, als Fällungsmittel, dagegen sehr häufig als Auflösungsmittel.

Reines Wasser darf weder durch Zusatz von Chlorbaryum, noch von salpetersaurem Silberoxyd, noch von oxalsaurem Kali getrübt werden, d. h. es muß frei sein von Schwefelsäure, Salzsäure und Kalkerde. Es darf ferner, auf einem Uhrglase verdampft, keine Spur eines Rückstandes hinterlassen.

2. Alkohol. Viele Salze, welche sich in Wasser, wenn auch schwer lösen, sind in Alkohol unlöslich, ihre Abscheidung aus zu wässerigen Lösungen erfolgt daher erst auf einen Zusatz von Alkohol, oder wird wenigstens dadurch begünstigt, so die Abscheidung des Kaliumplatinchlorids und der schwefelsauren Kalkerde.

Der reine Alkohol muß auf einem Uhrglase ohne Rückstand verdampfen, er darf nicht sauer reagiren.

3. Salpetersäure. Nur Baryterde und Bleioxyd werden aus ihren Lösungen durch einen Ueberschuß von Salpetersäure als salpetersaure Salze gefällt. Der Hauptgebrauch der Salpetersäure ist der als Auflösungsmittel.

Die Salpetersäure muß farblos sein. Nach Verdünnung mit Wasser darf sie weder durch Chlorbaryum, noch durch salpetersaures Silberoxyd getrübt werden, d. h. sie darf weder Schwefelsäure, noch Salzsäure enthalten.

4. Salzsäure. Durch Salzsäure werden Silberoxyd, Queckssilberoxydul und Bleioxyd als Chlorverbindungen gefällt. Die Salzsäure ist außerdem ein vielgebrauchtes Auflösungsmittel.

Die Salzsäure muß für analytische Zwecke frei sein von Metalloxyden und von Schwefelsäure, sie darf durch Schwefelwasserstoff, durch Schwefelammonium und durch Chlorbaryum nicht getrübt werden. Auf einem Uhrglase verdampft, darf sie keinen Rückstand lassen.

5. Essigsäure. Diese organische Säure hat ein viel geringeres Lösungsvermögen, als Salpetersäure und Salzsäure, sie dient zur Scheidung der leichter und schwerer löslichen Schwefelmetalle.

Durch Chlorbaryum darf sie nicht wegen eines Schwefelsäuregehaltes

Digitized by Google

getrübt werden. Auf einem Uhrglase muß sie ohne Rückstand verdampfen.

6. Schwefelsäure. Die Schwefelsäure fällt die Baryterde, Kalkerde und das Bleioxyd als schwefelsaure Salze. Bei den Proben auf Salpetersäure wird sie angewendet, um diese Säure in Freiheit zu setzen. Nur farblose, durch Kochen von Salpetersäure befreite englische Schwefelsäure darf angewendet werden.

7. Weinsteinsäure. Diese organische Säure dient vorzüglich zur Fällung des Kali's, mit dem sie sie ein in Wasser schwer lösliches saures Salz bildet, welches sich aus nicht sauren kalihaltigen Lösungen auf Zusatz eines Ueberschusses von Weinsteinsäure krystallinisch ausscheidet.

Man bereitet sich eine möglichst concentrirte wässerige Lösung von krystallisirter Weinsteinsäure; die Lösung kann nicht sehr lange aufbewahrt werden, da sie leicht unter Schimmelbildung zersetzt wird.

8. Schwefelwasserstoff. Gewöhnlich wendet man Schwefelwasserstoffwasser an. Da aber Wasser nur das $2\frac{1}{2}$fache Volumen Schwefelwasserstoffgas absorbirt, so ist es in vielen Fällen nöthig, einen Strom von Schwefelwasserstoffgas durch die zu untersuchende Flüssigkeit zu leiten (vergl. §. 156).

9. Schwefelammonium. Die richtige Bezeichnung für dieses Reagens ist eigentlich Schwefelammonium-Schwefelwasserstoff; diese im frischen Zustande farblose Flüssigkeit färbt sich mit der Zeit, und wenn die Luft öfter dazu getreten ist, gelb, und geht in Fünffach-Schwefelammonium über (vergl. §. 235). In den meisten Fällen ist es gleichgültig, ob man die farblose oder gelbe Flüssigkeit anwendet.

Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium gehören zu den wichtigsten Reagentien; durch sie gelingt es am leichtesten, die Bestandtheile einer sehr gemischten Auflösung von einander zu scheiden. Fast alle Oxyde werden durch sie unter Bildung von Wasser in Schwefelmetalle oder in Schwefelmetallhydrate umgesetzt. Davon machen jedoch die eigentlichen Erden, die Kieselerde, das Chromoxyd und einige andere eine Ausnahme, welche durch Schwefelammonium zwar gefällt werden, aber als Oxyde. In einzelnen Fällen wirkt der Schwefelwasserstoff desoxydirend, indem er sich zersetzt und seinen Wasserstoff unter Abscheidung von Schwefel und unter Wasserbildung an einen Theil das Sauerstoffs im Oxyd abgiebt. Aus den neutralen Lösungen der chromsauren Salze wird auf diese Weise Chromoxydhydrat ausgeschieden, und die Eisenoxydsalze gehen in Eisenoxydulsalze über, während die Flüssigkeit von ausgeschiedenem Schwefel getrübt erscheint.

Die Metalle, welche durch Einwirkung des Schwefelwasserstoffs oder Schwefelammoniums auf ihre Oxyde in Schwefelmetalle umgesetzt werden, zerfallen in drei Gruppen.

Digitized by Google

Die Schwefelverbindungen der Metalle, welche in die erste Gruppe gehören, sind in verdünnten Säuren, wie in verdünnter Salpeter- oder Salzsäure, sehr leicht löslich, in Schwefelalkalimetallen aber unlöslich. Die Oxyde dieser Metalle werden daher durch Schwefelwasserstoff nicht gefällt aus Lösungen mit vorherrschender Säure, und nur sehr wenig aus neutralen Lösungen, dagegen vollständig durch Schwefelammonium. Zu dieser Gruppe gehören Mangan, Eisen, Kobalt, Nickel und Zink. Werden aber Lösungen dieser Metalle durch Zusatz von essigsauren Alkalien in essigsaure Metalloxyde verwandelt, so wird Zink und Kobalt vollständig, Nickel und Eisen wenigstens reichlich und nur Mangan durch Schwefelwasserstoff gar nicht gefällt.

Die Metalle der zweiten Gruppe liefern Schwefelverbindungen, welche in etwas verdünnten Säuren ebenso wenig löslich sind, als in Schwefelalkalimetallen. Ihre Oxyde werden daher aus allen nicht zu concentrirten Lösungen durch Schwefelwasserstoff, wie durch Schwefelammonium gleich vollständig gefällt. Zu dieser Gruppe gehören Kadmium, Blei, Wismuth, Kupfer, Silber u. a.

Endlich in einer dritten Gruppe stehen Zinn, Quecksilber, Gold, Platin, Antimon, Arsenik u. a. Die Schwefelverbindungen dieser Metalle lösen sich zwar in verdünnten Säuren nicht auf, dagegen leicht in Schwefelalkalimetallen, in Schwefelammonium, Schwefelkalium oder im ersten auf Zusatz von Kali. Die Oxyde dieser Metalle werden daher durch Schwefelwasserstoff nur aus sauren Lösungen gefällt, dagegen unvollständig oder gar nicht durch einen Ueberschuß von Schwefelammonium.

10. Kali. Man löst reines Aetzkali ungefähr in der dreifachen Menge Wasser auf. Die Lösung muß farblos sein, d. h. frei von organischer Substanz. Kohlensaures Ammoniak zur Lösung gesetzt darf keinen flockigen Niederschlag (von Thonerde), oxalsaures Kali keine Trübung (von Kalkerde) erzeugen. Hat man die Lösung mit reiner Salpetersäure bis zur sauren Reaction versetzt, so darf weder Chlorbaryum, noch salpetersaures Silberoxyd eine Trübung verursachen; die erste Trübung würde von eingemengter Schwefelsäure, die andere von Salzsäure herrühren. Eine kleine Menge von Kohlensäure, welche von der Kalilösung bald angezogen wird, ist fast in allen Fällen unschädlich.

Das Kali verdrängt als sehr starke Basis alle übrigen Basen aus ihren Verbindungen mit Säuren; sind diese nun in Wasser schwer löslich oder unlöslich, so werden sie ausgeschieden. Gefällt werden daher durch Kali alle Oxyde, mit Ausnahme von Kali, Natron, Ammoniak und Lithion, und bei starker Verdünnung auch von Baryterde, Strontianerde und Kalkerde. Die meisten Niederschläge durch Kali sind Oxydhydrate, wenige sind wasserleere Oxyde; aus Platinlösungen scheiden sich Kalium-

Digitized by Google

platinverbindungen aus. Einige Oxyde lösen sich in einem Ueberschusse von Kali auf.

11. Chromsaures Kali. Die Auflösung des neutralen chromsauren Kali's fällt aus den neutralen Lösungen der meisten Metalloxyde, namentlich des Bleioxydes, chromsaure Salze, die sich durch ihre lebhaften Farben auszeichnen.

12. Antimonsaures Kali. Die Lösung des neutralen antimonsauren Kali's dient besonders zur Erkennung des Natrons, welches dadurch als schwer lösliches, antimonsaures Natron gefällt wird. Enthalten die Natronlösungen Kohlensäure, so muß diese durch Salzsäure vorher entfernt sein, weil das unter diesen Bedingungen entstehende kohlensaure Kali die Entstehung des Niederschlages verhindert. Saure Lösungen müssen vorher mit Kali neutralisirt sein. Die Reaction ist jedoch nur dann entscheidend, wenn sich in der zu prüfenden Lösung außer den Alkalien keine andere Basen befinden; denn die antimonsauren Salze der Erden und Metalloxyde sind in Wasser unlöslich.

13. Kaliumeisencyanür. Durch die wässerige Lösung des Blutlaugensalzes werden fast alle Metalloxyde niedergeschlagen. Die Niederschläge sind Doppelcyanmetalle, oder Verbindungen von anderen Cyanmetallen, welche an die Stelle des Kaliums treten mit Eisencyanür. Die meisten derselben haben ausgezeichnete Farben.

14. Oxalsaures Kali. Die Lösung des neutralen oxalsauren Kali's in etwa der achtfachen Menge Wasser schlägt die meisten basischen Oxyde als neutrale oxalsaure Salze nieder, die sich durch ihre krystallinische Beschaffenheit auszeichnen. Sie dient vorzüglich zur Erkennung und Fällung der Kalkerde.

15. Phosphorsaures Natron. Durch die Lösung des halb *c* phosphorsauren Natrons (vergl. §. 221) werden alle Oxyde mit Ausnahme der Alkalien als phosphorsaure Salze gefällt. Mit Ammoniak zusammen ist das phosphorsaure Natron das ausgezeichnetste Reagens zur Erkennung und Abscheidung der Talkerde.

16. Kohlensaures Natron. Die gesättigte Lösung des reinen Sodasalzes (vergl. §. 217) dient vorzüglich zum Neutralisiren von sauren Lösungen, welches unter lebhafter Entwickelung von Kohlensäure stattfindet. In größerer Menge zugesetzt, als zum Neutralisiren nöthig ist, schlägt das kohlensaure Natron alle Basen nieder, mit Ausnahme der Alkalien. Die Niederschläge sind meistens kohlensaure Salze.

Etwaige Beimengungen von Schwefelsäure oder Salzsäure werden hier auf dieselbe Weise erkannt, wie beim Kali.

17. Essigsaures Natron. Auch die Lösung des neutralen essigsauren Natrons wird zum Neutralisiren von Flüssigkeiten angewendet.

Digitized by Google

Ein Ueberschuß der Lösung scheidet nur wenige Stoffe, wie Eisenoxyd und phosphorsaures Eisenoxyd ab, da die entstehenden essigsauren Salze löslich sind.

18. Ammoniak. Durch Ammoniakflüssigkeit (vergl. §. 229) werden alle Basen niedergeschlagen mit Ausnahme der Alkalien und der alkalischen Erden. Die Niederschläge sind gewöhnlich Oxydhydrate, seltener Oxyde oder Ammoniakverbindungen. Viele von diesen Niederschlägen lösen sich im Ueberschusse des Reagens, oder in Ammoniaksalzen unter Bildung von Ammoniakdoppelsalzen.

Von Verunreinigungen enthält die Ammoniakflüssigkeit nur Chlorammonium oder kohlensaures Ammoniak, welche beide bei geringer Menge unschädlich sind.

19. Kohlensaures Ammoniak. Die Lösung des anderthalb kohlensauren Ammoniaks (vergl. §. 230) schlägt die meisten Oxyde als kohlensaure Salze nieder, von denen sehr viele unter Bildung von Ammoniakdoppelsalzen in einem Ueberschusse löslich sind.

20. Chlorammonium. Die Chlorammoniumlösung liefert mit vielen Oxyden lösliche Doppelsalze und wird deshalb in vielen Fällen mit Vortheil zur Unterscheidung von Niederschlägen gebraucht. Die in Kali löslichen, in Ammoniak aber unlöslichen Oxyde, wie Thonerde, werden durch Chlorammonium aus ihren Lösungen in Kali gefällt unter Entwickelung von Ammoniakgas und Bildung von Chlorkalium.

Die Lösung darf weder durch Schwefelwasserstoff, noch durch Schwefelammonium gefällt werden, sie muß frei sein von Chlormetallen.

21. Chlorbaryum. Das Chlorbaryum ist ein vorzügliches Reagens bei der Aufsuchung von Säuren, da die Baryterde mit sehr vielen Säuren unlösliche Salze bildet. Alle Niederschläge durch Chlorbaryum lösen sich in Säuren mit Ausnahme der in schwefelsäurehaltigen Flüssigkeiten entstandenen.

22. Chlorcalcium. Eine neutrale Lösung von reiner Kalkerde in Salzsäure findet eine ähnliche Anwendung wie Chlorbaryum. Die Niederschläge, welche Chlorcalcium erzeugt, lösen sich in Säuren sämmtlich auf. Anstatt des Chlorbaryums und Chlorcalciums können auch salpetersaure Baryt- und Kalkerde genommen werden.

23. Chlormagnesium. Eine Lösung von Chlormagnesium oder auch von schwefelsaurer Talkerde in Chlorammonium zu phosphorsäurehaltigen Flüssigkeiten gesetzt, scheidet aus diesen phosphorsaure Ammoniak-Talkerde ab.

24. Baryterdehydrat. Die Lösung der Baryterde scheidet alle Basen mit Ausnahme der Alkalien aus ihren Lösungen. Sie wird besonders bei der Aufsuchung der Alkalien gebraucht.

25. Kohlensaure Baryterde. Dieses Salz in Wasser aufge-

Digitized by Google

schwemmt benutzt man zur Scheidung des Eisenoxyduls und Manganoxyduls vom Eisenoxyde (vergl. §. 397).

26. Platinchlorid. Eine nicht zu verdünnte Auflösung von Platinchlorid fällt das Kali und Ammoniak aus seinen nicht zu verdünnten und nicht zu sauren Lösungen (vergl. §. 370).

27. Salpetersaures Silberoxyd. Die Auflösung des salpetersauren Silberoxyds darf mit einem Ueberschuß von Ammoniak versetzt keine blaue, von Kupferoxyd herrührende Farbe annehmen. Die Lösung wird ziemlich verdünnt zur Auffuchung der Säuren, besonders der Salzsäure, angewendet. Die Niederschläge sind Silberoxydsalze, von denen sich die meisten in Ammoniak auflösen und viele durch das Licht verfärbt werden.

28. Zinnchlorür. Eine Lösung von Zinnchlorür oder Zinnsesquichlorür übt eine ausgezeichnet desoxydirende Wirkung aus, namentlich auf Queckfilber- und Goldlösungen.

29. Essigsaures Bleioxyd. Die Lösung des neutralen essigsauren Bleioxydes fällt viele Säuren aus ihren Lösungen unter Bildung von Bleioxydsalzen.

30. Schwefelsaures Eisenoxydul. Die Lösung des Eisenvitriols giebt zwar mit einigen Säuren Niederschläge, dient aber vorzüglich zur Erkennung der Salpetersäure.

31. Eisenchlorid. Eisenchloridlösung wird besonders bei der Abscheidung der Phosphorsäure angewendet.

32. Metalle. Metallisches Zink, Eisen und Kupfer reduciren sehr viele Metalle als fein vertheilte reguliniſche Massen aus ihren Lösungen; sie gehen dabei selbst in die Lösung über.

§. 391. **Untersuchung einfacher Salze.** Wenn die Auflösung einer einzigen Base und Säure, oder eines einfachen Salzes zur Untersuchung vorliegt, so ist der Gang der Untersuchung mit Hülfe der Tabellen am Ende dieses Bandes höchst einfach. Wenige Worte genügen zur Erläuterung derselben. In der ersten Verticalreihe stehen die Namen der einzelnen Basen und Säuren; in einer Horizontalreihe mit diesen Namen ist ihr Verhalten gegen Reagentien bemerkt. Für die bei jeder Untersuchung und zuerst anzuwendenden oder allgemeinen Reagentien sind Verticalspalten gezogen; die blos für einzelne Basen und Säuren charakteristischen Reagentien sind in den zwei letzten Querspalten zusammengestellt. Zwischen dem Namen der Basen und Säuren und demjenigen der Reagentien sind die Worte einzuschalten »wird gefällt durch«; die unter oder hinter dem Reagens stehenden Worte enthalten eine kurze Beschreibung der erzeugten Niederschläge; Nullen bedeuten, daß keine Niederschläge entstehen. Beim Kali z. B. heißt es: Kali »wird gefällt durch« Schwefelwasserstoff nicht, »auch nicht durch« Schwefelammonium, Kali, Ammoniak und koh-

Digitized by Google

lensaures Ammoniak, ferner Kali »wird gefällt durch« Platinchlorid, »der Niederschlag ist« gelb krystallinisch u. s. f.

Die Anwendung der fünf Hauptreagentien bei Auffuchung der Base, der drei Hauptreagentien bei Auffuchung der Säure weist häufig schon mit Bestimmtheit auf eine einzelne Base oder Säure, und die in der folgenden Spalte erwähnten Reagentien dienen dann nur noch zur Bestätigung; jedenfalls bleibt nach der Anwendung der Hauptreagentien die Wahl zwischen einer kleinen Zahl von Basen oder Säuren, welche durch die weiter angeführten Reactionen leicht unterschieden werden. Das Verhalten gegen Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium ist so angegeben, wie es bei Auflösungen mit vorherrschender Säure stattfindet. Reactionen und Umstände, welche für die Unterscheidung besondere Wichtigkeit haben und deshalb vorzüglich in's Auge gefaßt werden müssen, sind durch fette Schrift ausgezeichnet.

Mag man mit der Auffuchung der Base oder der Säure beginnen, immer erledigt man die eine Untersuchung vollständig, ehe man die andere beginnt.

Auffuchung mehrerer Basen neben einander. Verwickelter, aber §392.
nicht schwieriger ist der Gang der Untersuchung von Lösungen, in welchen mehr als eine Basis und eine Säure vermuthet werden muß. Die qualitative Analyse kann in diesem Falle nur dann Anspruch auf Vollständigkeit machen, wenn sie nicht blos gewisse Stoffe als Bestandtheile der Lösung nachweist, sondern zugleich entscheidet, daß außer den angegebenen keine anderen Stoffe in ihr gegenwärtig sein können.

Wir wollen diese Aufgabe zuerst für die basischen Bestantheile durchführen, indem wir voraussetzen, es könnten in einer Lösung alle technisch bedeutsamen Metalloxyde und Metalle enthalten sein, nämlich Kali, Natron, Baryterde, Kalkerde, Talkerde, Thonerde, Chrom, Mangan, Eisen, Kobalt, Nickel, Zink, Kadmium, Blei, Wismuth, Kupfer, Zinn, Antimon, Arsenik, Queckfilber, Silber, Gold, Platin. Der Einfachheit wegen setzen wir voraus, die Lösung enthalte entweder schon Salpetersäure, oder sie sei so lange mit Salpetersäure versetzt, als in der Wärme noch eine Entwickelung von salpetrigen Dämpfen stattfindet. Das Eisen, Zinn und Queckfilber kann dann nur im Zustande des Oxydes und nicht in demjenigen des Oxyduls vorkommen.

I. Durch die Auflösung wird zuerst Schwefelwasserstoff geleitet, so lange bis sich dadurch nichts mehr ausscheidet oder bis die Flüssigkeit, auch nachdem sich der Niederschlag abgesetzt hat, klar erscheint und noch stark nach Schwefelwasserstoff riecht. Im Niederschlage findet sich alles Kadmium, Blei, Wismuth, Kupfer, Zinn, Antimon, Arsenik, Queckfilber, Silber, Gold und Platin.

Der Niederschlag wird abgesondert und in einer verstöpfelten Flasche

Digitized by Google

längere Zeit mit einem Ueberschusse von Schwefelammonium in Berührung gelassen. Dadurch wird aufgelöst Zinn, Antimon, Arsenik Gold und Platin. Die Lösung und das Ungelöste werden wieder von einander getrennt.

A. Die Lösung wird mit Salpetersäure versetzt, bis dadurch nichts mehr gefällt wird. Der Niederschlag kann enthalten Zinn, Antimon, Arsenik, Gold und Platin. Er wird von der Flüssigkeit, in der kein Metall weiter zurückbleiben kann, getrennt und mit concentrirter Salpetersäure gekocht.

a. Gelöst werden Zinn, Antimon und Arsenik. Man legt einen Zinkstab in ihre Lösung und reducirt sie dadurch als Metalle. Das fein vertheilte Metall wird mit Salpetersäure gekocht; das Arsenik geht in die Lösung, aber Zinn und Antimon oxydiren sich nur, ohne sich zu lösen. Sie werden für sich weiter behandelt mit concentrirter Weinsteinsäure; diese löst das oxydirte Antimon auf mit Zurücklassung des Zinns.

b. Von den unter I. A. angeführten Schwefelmetallen sind Gold und Platin in Salpetersäure nicht gelöst worden, sie lösen sich in kochender Salpetersalzsäure. In der Lösung können sie neben einander erkannt werden, durch ihr Verhalten gegen Queckſilberchlorür, Eisenvitriol und Chlorammonium (siehe die Tabellen).

B. Aus dem Schwefelwasserstoff-Niederschlage wurden durch Schwefelammonium nicht gelöst Kadmium, Kupfer, Wismuth, Blei, Silber, Queckſilber. Sie werden mit concentrirter Salpetersäure gekocht, so lange als sich noch salpetrige Dämpfe entwickeln.

a. Ungelöst bleibt das Queckſilber.

b. Gelöst werden Kadmium, Kupfer, Wismuth, Blei, Silber.

Auf Zusatz von Salzsäure fällt das Silber als unlösliches Chlorsilber nieder, gewöhnlich zugleich mit etwas Bleichlorid, welches aber durch Wasser wieder gelöst wird.

Nach Abscheidung des Silbers wird die Flüssigkeit mit einem Ueberschusse von Ammoniak, d. h. bis zur stark alkalischen Reaction versetzt.

Gefällt werden Blei und Wismuth. Nachdem diese von der Flüssigkeit abgesondert worden sind, werden sie in verdünnter Salpetersäure gelöst und in dieser Lösung neben einander erkannt, das Blei besonders an seinem Verhalten gegen Schwefelsäure, das Wismuth an seinem Verhalten gegen Wasser (s. d. Tabellen).

Gelöst bleiben im Ammoniak Kupfer und Kadmium, das erste auch bei sehr geringer Menge mit schön blauer Farbe. Neutralisirt man die Lösung mit Salzsäure, und setzt dann einen Ueberschuß von kohlensaurem Ammoniak zu, so wird Kadmium gefällt, Kupfer bleibt gelöst.

Digitized by Google

II. Aus der Lösung, aus welcher durch Schwefelwasserstoffgas die unter I. angeführten Metalle ausgeschieden worden sind, schlägt Schwefelammonium die Thonerde, das Chromoxyd, Mangan, Eisen, Zink, Kobalt und Nickel nieder.

A. Durch Kochen des Niederschlages mit Kali werden gelöst Thonerde, Chromoxyd und Zink. In der Siedhitze fällt Chromoxyd aus der Lösung nieder; Thonerde und Zinkoxyd bleiben gelöst, das letzte wird aus der Lösung durch Schwefelwasserstoff gefällt.

B. Ungelöst bleiben Mangan, Eisen, Zink, Kobalt, Nickel. Ihre salpetersaure Lösung wird mit Chlorammonium und Ammoniak versetzt.

a. Ungelöst bleibt Eisen.

b. Gelöst wird Mangan, Kobalt und Nickel; die Lösung mit Essigsäure schwach angesäuert und dann mit Schwefelwasserstoff behandelt, behält nur Mangan zurück; Kobalt und Nickel werden ausgeschieden.

Diese beiden letzten Metalle werden ziemlich vollständig von einander geschieden, wenn man sie in einer Säure löst, die Lösung mit ausgekochtem Wasser verdünnt und in einer verstöpfelten Flasche mit so viel Kali versetzt, daß der Niederschlag eine bräunlich rothe Farbe annimmt. Nachdem sich die Flüssigkeit geklärt hat, gießt man sie ab, sie enthält fast nur Kobalt, der Niederschlag fast nur Nickel.

III. Die unter I. und II. mit Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium behandelte Lösung enthält noch Baryterde, Kalkerde, Talkerde, Kali und Natron gelöst. Sie wird, nachdem Schwefelwasserstoff durch Abdampfen und der möglicher Weise abgeschiedene Schwefel durch Filtriren entfernt worden ist, mit kohlensaurem Ammoniak versetzt.

A. Gefällt werden Baryterde, Kalkerde. Nachdem sie von der Flüssigkeit getrennt worden, löst man sie in verdünnter Salzsäure und erkennt sie in der Lösung neben einander an ihrem Verhalten, namentlich gegen Schwefelsäure und oxalsaures Kali (s. d. Tabellen).

B. Gelöst bleiben Talkerde, Kali, Natron.

a. Aus der Lösung scheidet Baryterdehydrat bis zur alkalischen Reaction der Flüssigkeit zugesetzt, die Talkerde ab. Diese wird abfiltrirt.

b. Nachdem die im Ueberschusse zugesetzte Baryterde aus der Flüssigkeit durch kohlensaures Ammoniak entfernt worden ist, dampft man diese bis zur Trockne ein und verjagt die Ammoniaksalze durch gelindes, aber anhaltendes Glühen. Der Rest nach dem Glühen enthält nur das Kali und Natron; man löst ihn in Wasser, und erkennt in der Lösung das Kali an seinem Verhalten gegen Platinchlorid und Weinsteinsäure, das Natron an seinem Verhalten gegen antimonsaures Kali (s. die Tabellen).

Digitized by Google

Das Ammoniak in einer Lösung wird aus einer besonderen Probe derselben erkannt, durch Zusatz von Kali (s. d. Tabellen).

Gegenwart von Phosphorsäure stört den Gang der Untersuchung, indem die phosphorsauren Erden schon durch Schwefelammonium gefällt werden. In diesem Falle müssen die Erden aus einer besonderen Portion Flüssigkeit erkannt werden, aus welcher man auf die im folgenden §. zu erörternde Weise die Phosphorsäure ausgeschieden hat.

§. 393. **Auffuchung mehrerer Säuren neben einander.** Weniger Schwierigkeit und Weitläufigkeit, als die Auffuchung mehrerer Basen, macht die Auffuchung mehrerer Säuren neben einander. Von den in die Tabellen aufgenommenen Säuren kommen auch nie alle neben einander vor. Da die Kohlensäure bei der Auflösung eines Stoffes in Säuren stets entweichen muß, so dürfen wir uns auf ein Gemenge von Kieselsäure, Schwefelsäure, Salzsäure und Phosphorsäure beschränken.

1. Die Kieselsäure kann in sauren Lösungen nie in beträchtlicher Menge vorkommen. Versetzt man dieselben mit Salzsäure, dampft bis zur Trockne ein, befeuchtet den trockenen Rückstand mit etwas Salzsäure und behandelt dann mit Wasser, so bleibt die Kieselsäure ungelöst zurück.

2. Aus einer mit verdünnter Salpetersäure stark angesäuerten Lösung fällt Chlorbaryum nur die Schwefelsäure, salpetersaures Silberoxyd nur die Salzsäure.

3. Am umständlichsten ist die Auffuchung der Phosphorsäure, aber gerade diese hat bei landwirthschaftlich chemischen Untersuchungen eine sehr große Bedeutung. Eine Methode, welche allgemein anwendbar ist, besonders in dem gewöhnlichen Falle, wo man Phosphorsäure zugleich mit alkalischen Erden in einer Lösung hat, ist die folgende.

Man versetzt die Lösung, wenn sie an sich nicht schon eisenhaltig genug ist, mit einer Lösung von Eisenchlorid, so daß sie deutlich gelb wird, und setzt dann essigsaures Natron so lange zu, bis die Flüssigkeit röthlich erscheint. Sollte diese Färbung nicht eintreten, so fehlt es an Eisenchlorid, welches tropfenweise zugegeben werden muß. Die Mischung wird alsdann zum Sieden erhitzt und so lange im Sieden erhalten, bis sich ein brauner Niederschlag gebildet hat, über dem die Flüssigkeit nach einiger Ruhe klar und farblos steht. Dieser Niederschlag ist Eisenoxyd und phosphorsaures Eisenoxyd; er enthält alle Phosphorsäure der Lösung. Seine Bildung beruht darauf, daß die zur Lösung des Eisens und der phosphorsauren Salze nöthige Säure an das Natron des essigsauren Natrons getreten ist, unter Freiwerden und Verdampfen von Essigsäure.

In der Lösung können hierauf die alkalischen Erden und Metalloxyde nach den im vorigen §. angegebenen Regeln gefunden werden.

Der Niederschlag wird noch feucht in Salzsäure gelöst, und die

Lösung zuerst mit Weinsteinsäure versetzt, dann mit Ammoniak, bis sich der zuerst entstandene Niederschlag in einem Ueberschuß desselben wieder zu einer gelben Flüssigkeit aufgelöst hat. Auf Zusatz einer Lösung von schwefelsaurer Talkerde oder Chlormagnesium in Chlorammonium und Ammoniak scheidet sich die Phosphorsäure in Form von phosphorsaurer Ammoniaktalkerde nach längerer Zeit, d. h. nach einigen Stunden vollständig ab (vergl. §. 390, 23).

Vorsichtsmaßregeln bei der qualitativen Analyse. Der in den beiden vorigen §. §. angegebene Gang einer vollständigen qualitativen Analyse ist derjenige, welcher am leichtesten ausgeführt werden kann und den sichersten Erfolg gewährt; aber er ist keineswegs der allein mögliche, den man nothwendiger Weise nehmen müßte. Bei einiger Uebung wird der Einzelne in besonderen Fällen leicht abkürzende Methoden wählen, die gerade durch die Besonderheiten des Falles bedingt werden. Die Anweisungen zur qualitativen Analyse sollen nie als Chablonen angesehen werden, welche man gedankenlos handhabt. §. 394.

Wir haben die Scheidung besonders der Basen von einander möglichst kurz und übersichtlich angegeben, und es versteht sich von selbst, daß jede Flüssigkeit, jeder Niederschlag mit Hülfe der Tabellen genau nachgeprüft werden, ob sie auch wirklich das Metall oder Oxyd enthalten, welches man darin vermuthet.

Die Trennung von Flüssigkeiten und Niederschlägen haben wir im Vorigen nur schlechthin erwähnt, sie geschieht durch das im nächsten Abschnitte beschriebene Filtriren. Unerwähnt darf es jedoch schon hier nicht bleiben, daß die von den Niederschlägen aufgesaugte Flüssigkeit durch Waschen mit reinem Wasser (s. dieses im folgenden Abschnitte) vollständig entfernt werden muß. Die Auswaschwasser können in den meisten Fällen weggeschüttet werden; nur wenn man sehr wenig Material zur Untersuchung hat, dampft man sie ein.

Digitized by Google

II. Quantitative Analyse.

§. 395. Der Gang einer quantitativen Analyse unterscheidet sich nicht wesentlich von demjenigen bei der qualitativen Analyse. Der Unterschied liegt vielmehr nur darin, daß man bei der quantitativen Analyse nicht nur das Gewicht des in Untersuchung genommenen Stoffes genau bestimmt, sondern auch die Gewichte aller ausgeschiedenen Bestandtheile. Dadurch wird es zuerst eine nothwendige Forderung, daß man die einzelnen Bestandtheile in solchen Formen absondert, in welchen sie genau wägbar sind, d. h. in Niederschlägen von constanter und genau ermittelter Zusammensetzung, aus deren Gewichte die Menge des darin enthaltenen Bestandtheiles vom untersuchten Stoffe rechnungsmäßig gefunden werden kann. Zweitens wird es nothwendig, daß man während der Untersuchung jeden Verlust an Stoff vorsichtig vermeidet. Man muß deshalb beim Uebergießen der Lösungen aus einem Gefäße in ein anderes durch Ausschwenken mit Wasser die Flüssigkeiten vollständig entfernen; man muß die Auswaschwasser nöthigenfalls nach vorsichtigem Eindampfen stets mit den zuerst durch die Filter gelaufenen Flüssigkeiten vereinigen; man muß endlich die Papierfilter vor dem Gebrauche trocknen, genau wägen und den Aschengehalt des Filtrirpapieres kennen, um auch in dem Falle, wo die Filter beim Glühen des Niederschlages verbrannt werden, die aus ihnen herrührende Asche vom Gewichte des Glührückstandes abziehen zu können.

Die Vorsichtsmaßregeln beim Trocknen, Wägen, Filtriren, Auswaschen und Glühen finden sich im folgenden Abschnitte ausführlich beschrieben. Wir können also sogleich zum Gegenstande der Analyse übergehen.

Die anorganischen Stoffe, deren Untersuchung im landwirthschaftlichen Interesse ausgeführt werden müssen, die Pflanzenasche, die Mergel, Lehme, Thone und dergleichen, der anorganische Theil von Boden und Düngerarten enthalten folgende Basen und Säuren:

Kali.	Thonerde.	Schwefelsäure.
Natron.	Manganoxyde.	Salzsäure.
Kalkerde.	Eisenoxyde.	Kohlensäure.
Talkerde.	Kieselsäure.	Phosphorsäure.

Digitized by Google

Die aufgezählten Basen finden sich fast stets alle neben einander, unter ihnen sind die Alkalien, die Kalkerde und die Thonerde am wichtigsten. Unter den Säuren herrschen entweder die Kieselsäure oder die Kohlensäure vor.

Gang der Untersuchung im Allgemeinen. Wir geben zunächst §. 396. die Regeln der Untersuchung für den Fall, daß, wie in den Pflanzenaschen, alle oben aufgezählten Basen und Säuren zugleich vorkommen. Nicht sowohl um Zeit zu ersparen, als vielmehr um die Untersuchung zu erleichtern und zu vereinfachen, werden nicht alle Bestandtheile aus einer Portion bestimmt. Man nimmt am bequemsten drei Portionen. Aus der ersten Portion (I.) werden die Alkalien und daneben die Kieselsäure bestimmt, aus einer zweiten Portion (II.) außer der Kieselsäure das Eisenoxyd, Manganoxydul, die Kalkerde und Talkerde, und aus einer dritten Portion (III.) die Salzsäure, Schwefelsäure und Phosphorsäure.

I. Bestimmung der Kieselerde und der Alkalien.

1. Eine gewogene Menge des zu untersuchenden Stoffes wird in einer geräumigen Porzellanschale mit Salzsäure übergossen und damit erwärmt, jedoch vorsichtig, besonders wenn die Lösung bei einem beträchtlichen Kohlensäuregehalte unter Aufbrausen vor sich geht. Wird das Aufbrausen zu stark, so muß man einen Trichter umgekehrt über die Schale stülpen, um einen Verlust durch Spritzen zu vermeiden; die Innenseite des Trichters spült man nach geschehener Lösung mit Wasser ab. Man setzt nach und nach so viel Salzsäure zu, daß die Flüssigkeit stark sauer reagirt, auch nachdem das Aufbrausen aufgehört hat, und dampft alsdann bis zur Trockne ein. Die trockene Masse wird mit Salzsäure befeuchtet und hierauf mit Wasser behandelt. Der ungelöste Rückstand wird auf ein Papierfilter gebracht und mit Wasser gut ausgewaschen. Nach dem Trocknen wird er geglüht und gewogen. Er ist jedoch nur selten reine Kieselsäure, gewöhnlich Kieselsäure mit Silicaten gemengt. Man prüft ihn nach den in §. 387 beschriebenen Methoden und untersucht ihn danach weiter.

2. Die salzsaure Lösung, welche von der Kieselsäure abgelaufen ist, wird mit den Waschwassern wieder auf das ursprüngliche Volumen eingedampft und dann mit Baryterdehydrat bis zur alkalischen Reaction versetzt, erwärmt und filtrirt. Man fällt auf diese Weise alle Basen mit Ausnahme der Alkalien, und zugleich die Schwefelsäure und Phosphorsäure. Der

Digitized by Google

Niederschlag wird abfiltrirt und ausgewaschen, die durchgelaufene Flüssigkeit mit dem eingedampften Waschwasser wird zur Entfernung der Baryterde mit kohlensaurem Ammoniak versetzt und, nachdem der entstandene Niederschlag abfiltrirt und ausgewaschen war, zur Trockne verdampft. Die trockene Masse ist ein Gemenge von Ammoniak, Kali und Natron, gebunden an Kohlensäure und Salzsäure; man bringt sie in einen Platintiegel und glüht sie anfangs, bis alle Ammoniaksalze verflüchtigt sind, bei offenem Tiegel, zuletzt bei bedecktem bis zur Schmelzung. Hierauf wird der Tiegel, dessen Gewicht vorher bestimmt ist, mit seinem Inhalte gewogen, und so das Gesammtgewicht des Chlorkaliums und Chlornatriums durch Subtraction des Tiegelgewichtes gefunden.

3. Zur Scheidung von Kali und Natron löst man den gewogenen Inhalt des Tiegels in Wasser auf, setzt Platinchlorid zu, verdampft bei niedriger Temperatur fast bis zur Trockne und behandelt dann mit Spiritus von 80 %. Das Kaliumplatinchlorid bleibt ungelöst, es wird durch ein trocken gewogenes Filter filtrirt, mit Spiritus ausgewaschen, getrocknet und gewogen.

Nach Abzug des Filtergewichtes erhält man das Gewicht des Kaliumplatinchlorids, von welchem das Chlorkalium 30,54 % ausmacht.

Zieht man das aus dem Kaliumplatinchlorid berechnete Gewicht des Chlorkaliums vom Gesammtgewichte des Chlorkaliums und Chlornatriums ab, so erhält man das Gewicht des Chlornatriums.

100 Theile Chlorkalium entsprechen 63,18 Theilen Kali.

100 Theile Chlornatrium entsprechen 53,01 Theilen Natron.

II. Bestimmung des Eisenoxydes, Manganoxyduls, der Thonerde, Kalkerde und Talkerde.

1. Die Lösung und die Abscheidung der Kieselerde und Silicate geschieht wie bei der Bestimmung der Alkalien (vergl. I.).

2. Die von der Kieselerde abgelaufene Flüssigkeit versetzt man zuerst mit etwas Salpetersäure und kocht, so daß alles etwa vorhandene Eisenoxydul in Oxyd übergeht, dann giebt man Ammoniak zu, bis der entstandene Niederschlag beim Umrühren nicht mehr ganz verschwindet, und hierauf essigsaures Natron und Essigsäure, bis zur stark sauren Reaction. Der besonders bei gelinder Erwärmung sich gut abscheidende Niederschlag ist wasserhaltiges phosphorsaures Eisenoxyd, nach dem Filtriren, Auswaschen, Trocknen und Glühen hat er die Zusammensetzung $2F_2O_3 + 3PO_5$ oder er enthält in 100 Theilen:

Digitized by Google

Eisenoxyd . . . 42,78
Phosphorsäure . . 57,22.

3. Die vom phosphorsauren Eisenoxyd abgelaufene Flüssigkeit wird nach gehörigem Eindampfen mit Ammoniak bis zur alkalischen Reaction versetzt; ist das Eisenoxyd vorherrschend vor der Phosphorsäure, so entsteht ein Niederschlag von Eisenoxydhydrat, mit dem zugleich alle Thonerde als Thonerdehydrat niederfällt.

Derselbe wird filtrirt, ausgewaschen und mit dem Filter noch feucht in einer Schale mit Salzsäure übergossen und erwärmt, bis er sich völlig gelöst hat.

Durch Filtriren beseitigt man das zerweichte Filter von der Lösung, setzt dieser Kali zu bis zur stark alkalischen Reaction und kocht. Das Thonerdehydrat löst sich auf, das Eisenoxydhydrat bleibt ungelöst. Nach dem Filtriren wird das letzte sehr gut ausgewaschen, getrocknet und geglüht. Der Rückstand ist Eisenoxyd.

Aus der Kalilösung scheidet sich das Thonerdehydrat ab, wenn man zuerst Salzsäure bis zur sauren Reaction, dann Ammoniak bis zur alkalischen Reaction zusetzt. Das Thonerdehydrat wird filtrirt, gut ausgewaschen und nach dem Trocknen geglüht. Der Glührückstand ist Thonerde.

4. Aus der übrigen Flüssigkeit scheidet Schwefelammonium das Mangan als Schwefelmangan; dieses wird filtrirt, mit Wasser, dem man etwas Schwefelammonium zugesetzt hat, ausgewaschen, feucht mit dem Filter in eine Schale oder ein Becherglas gebracht und in verdünnter Salzsäure gelöst. Die Lösung wird durch Filtriren vom ungelösten Filter getrennt und in der Siedehitze durch einen Ueberschuß von kohlensaurem Natron gefällt. Der Niederschlag ist kohlensaures Manganoxydul, nach dem Filtriren, Auswaschen, Trocknen und Glühen ist er Manganoxydoxydul.

100 Gewichtstheile Manganoxydoxydul entsprechen 92,24 Gewichtstheilen Manganoxydul.

5. Aus der Flüssigkeit fällt man nun die Kalkerde durch oxalsaures Kali, als oxalsaure Kalkerde, und stellt das Ganze so lange an einen mäßig warmen Ort, bis sich der Niederschlag gesetzt hat. Die klare Flüssigkeit giebt man zuerst durch das Filter, dann den mit heißem Wasser angerührten Niederschlag. Ohne diese Vorsicht zieht sich der Niederschlag sehr leicht durch das Filter. Der Niederschlag wird ausgewaschen und nach völligem Trocknen bei schwacher Rothglühhitze etwa ¼ Stunde lang geglüht. Der Glührückstand ist kohlensaure Kalkerde. Ein Bröckchen davon auf nasses Curcumapapier gebracht darf unter sich keinen braunen Fleck geben; geschieht dies, so enthält er Aetzkalk, er

Digitized by Google

ist in zu intensiver Hitze geglüht worden. Man wirft ein Stückchen kohlensaures Ammoniak in den Tiegel, glüht abermals schwach und wägt.

100 Gewichtstheile kohlensaure Kalkerde enthalten 56 Gewichtstheile Kalkerde.

6. Die Flüssigkeit, welche von der oxalsauren Kalkerde abgelaufen ist, dient noch zur Abscheidung der Talkerde, diese wird durch Ammoniak und phosphorsaures Natron ausgeführt. Der Niederschlag wird nach einigen Stunden filtrirt, mit ammoniakhaltigem Wasser ausgewaschen und nach dem Trocknen geglüht. Der Glührückstand ist pyrophosphorsaure Talkerde — $2\,Mg\,O + P\,O_5$.

100 Gewichtstheile davon enthalten 36,64 Gewichtstheile Talkerde.

III. Bestimmung der Salzsäure, Schwefelsäure und Phosphorsäure.

Die Lösung geschieht durch Salpetersäure, sonst ebenso, wie es unter I. angegeben ist.

1. Die Lösung wird mit salpetersaurem Silberoxyd versetzt. Chlorsilber scheidet sich ab, wird filtrirt, gut ausgewaschen, getrocknet und gewogen.

100 Theile Chlorsilber enthalten 24,73 Theile Chlor und entsprechen 25,43 Theilen Salzsäure.

Der Ueberschuß des zugesetzten salpetersauren Silberoxydes wird durch Salzsäure entfernt und abfiltrirt.

2. Hierauf wird durch Chlorbaryum die Schwefelsäure gefällt. Die entstandene schwefelsaure Baryterde läßt man sich in der Wärme absetzen, gießt die überstehende Flüssigkeit durch das Filter und bringt dann erst den Niederschlag mit heißem Wasser angerührt auf das Filter. Nach dem Auswaschen und Trocknen wird der Niederschlag schwach geglüht.

100 Theile schwefelsaurer Baryterde enthalten 34,37 Theile Schwefelsäure.

3. Nur in dem Falle, daß nach dem Ausscheiden des phosphorsauren Eisenoxydes (siehe II, 2.) kein Eisenoxyd mehr vorhanden war, ist eine Bestimmung der Phosphorsäure nöthig; denn im anderen Falle ist die Menge der Phosphorsäure schon aus dem unter II, 2. erhaltenen Niederschlage bekannt.

Die Abscheidung der Phosphorsäure geschieht übrigens ganz nach §. 393, 3.

Digitized by Google

und die erhaltene phosphorsaure Ammoniak-Talkerde wird ebenso behandelt, wie es unter II, 6. angegeben ist.

100 Theile des Glührückstandes enthalten 63,36 Theile Phosphorsäure.

Gang der Untersuchung im Besonderen. Je nach den Resultaten, welche die qualitative Analyse ergeben hat, vereinfacht sich der Gang der quantitativen Analyse, besonders dann, wenn entweder keine Alkalien, oder keine Phosphorsäure aufzusuchen ist. Wir können aber jetzt noch nicht, ohne weitläufig zu werden, auf die einzelnen Fälle eingehen, welche ohnehin in den späteren praktischen Theilen, bei der Abhandlung der verschiedenen Arten der Quellwasser, der Aschen, Boden- und Düngerarten ausführlichere Erwähnung finden müssen. Hier haben wir nur noch einige chemische Bemerkungen anzuknüpfen. §. 397.

Die Kohlensäure bleibt unbestimmt, da ihre Bestimmung zwar zur wissenschaftlichen Controle einer chemischen Analyse nothwendig ist, für landwirthschaftliche Zwecke aber nur geringe Bedeutung hat, und um genau erhalten zu werden, beträchtliche Schwierigkeiten darbietet.

Auch das Manganoxydul kann man bei geringerer Menge übergehen. Es scheidet sich dann bei der Fällung des Kalkes nach II, 5. des vorigen §. mit der oxalsauren Kalkerde als oxalsaures Manganoxydul ab, und verwandelt sich bei dem nachfolgenden Glühen in Manoxyduloxyd. In verdünnter kalter Salpetersäure löst sich die kohlensaure Kalkerde leicht auf, das Manganoxyduloxyd bleibt ungelöst zurück.

In einzelnen Fällen ist es von Bedeutung, zu untersuchen, in welchem Oxydationszustande das Eisen sich befindet, und zu bestimmen, wie viel Eisenoxydul, wie viel Eisenoxyd gegenwärtig ist. Man bringt die zu untersuchende Substanz in eine bauchige Flasche mit engem Halse, übergießt sie zuerst mit ausgekochtem Wasser, giebt daun concentrirte Salzsäure tropfenweise zu und erwärmt gelinde, bis nichts mehr gelöst wird. Hierauf giebt man kohlensaure Kalkerde oder besser kohlensaure Baryterde fein gepulvert und mit frisch ausgekochtem Wasser zu einer Milch angerührt hinzu, verschließt nach einiger Zeit die Flasche und läßt sie gut verschlossen stehen, bis sich der Bodensatz abgeschieden hat und die klare Auflösung von ihm abgegossen werden kann; der Bodensatz wird dann schnell auf ein Filtrum gebracht und möglichst schnell ausgewaschen. Die durchfiltrirte Flüssigkeit enthält alles Eisenoxydul, während das Eisenoxyd mit dem überschüssigen kohlensauren Salze niedergefallen und an seiner Stelle Kalkerde oder Baryterde in die Lösung übergegangen ist. Das in der Lösung befindliche Eisenoxydul wird durch Salpetersäure in Eisenoxyd verwandelt, und als solches durch Ammoniak gefällt, filtrirt, ausgewaschen, geglüht und gewogen.

Digitized by Google

100 Theile Eisenoxyd entsprechen 90 Theilen Eisenoxydul.

Alle zu untersuchenden pulverförmigen Stoffe werden vor der Wägung bei einer Temperatur getrocknet, welche den Siedepunkt des Wassers etwas übersteigt.

Ein Gehalt an chemisch gebundenem (hydratischem) Wasser wird am einfachsten aus dem Glühverluste bestimmt werden.

Wenn Gemenge von organischen und anorganischen Stoffen zu untersuchen sind, wie die Düngerarten, so entfernt man die ersten vorher durch längeres Ausglühen.

Ueber die Menge des Stoffes, welche zu einer Untersuchung am bequemsten verwendet wird, lassen sich keine allgemeinen Bestimmungen machen. Je geringer der Gehalt des Bestandtheiles ist, dessen Bestimmung vorzüglich von Interesse ist, desto mehr muß man nehmen. Dies trifft namentlich die Bestimmung der Alkalien und der Phosphorsäure. Beabsichtigt man mit der Untersuchung blos eine chemische Uebung, so nehme man etwa 2 Grammen oder 30 Gran.

Digitized by Google

Vierter Abschnitt.

Chemische Geräthe und Operationen.

Um Denjenigen, welche sich selbstthätig mit der Chemie abgeben wollen, §. 398.
die Auswahl bei der Anschaffung der Hülfsmittel zu erleichtern und zugleich, um manche häufig zu beachtende Vorsichtsmaßregeln und Vortheile zu erläutern, die sich im Texte des zweiten und dritten Abschnittes nicht gut besprechen ließen, ohne die Aufmerksamkeit vom Hauptgegenstande der Betrachtung abzuziehen, ist die Aufzählung und Beschreibung der vorzüglichsten chemischen Geräthe und Operationen diesem besonderen Abschnitte vorbehalten worden.

Chemische Heizvorrichtungen. Da man in der wissenschaftlichen §. 399.
Praxis der neueren Chemie immer sehr darauf bedacht gewesen ist, die Versuche mit geringen Mengen von Material und in kleinem Raume auszuführen, so sind auch die Heizvorrichtungen in den meisten Fällen sehr einfach geworden.

Um kleine Kölbchen, Schalen und Retorten zu erhitzen, bedient man sich der einfachen gläsernen Spirituslampe mit aufgeschliffenem Deckel, wie sie in Fig. 149 auf S. 185 und in Fig. 206 auf S. 260 zu sehen sind, und wie man sie in jeder größeren Glashandlung haben kann. Läßt man diese Lampen nach dem Auslöschen längere Zeit unbedeckt, so verdampft der Spiritus vom Ende des Dochtes und der Docht brennt deshalb nicht an. Die zu erwärmenden Gefäße stellt man auf einen Dreifuß, dessen Höhe der Lampe angemessen ist. Gewöhnlich legt man noch ein Drahtnetz oder eine mit Sand gefüllte flache Blechschale unter, um die Wärme gleichmäßig zu vertheilen.

Wo man eine intensivere Hitze erzeugen will, wendet man die größeren sogenannten Berzelius'schen Spirituslampen an (siehe Fig. 144 S. 179. Fig. 169. S. 206); auch diese sind jetzt fast überall leicht zu erhalten. Ihre Einrichtung ist derjenigen der Astrallampen (siehe Fig. 178.

Digitized by Google

S. 224) so ähnlich, daß wir eine Beschreibung davon hier nicht zu wiederholen brauchen. Bei ihrem Gebrauche hat man sich davor zu hüten, daß das ringförmige Spiritusreservoir nicht zu heiß wird und bei plötzlich eintretender Dampfbildung der Spiritus brennend aus der Drahthülse herausgeschleudert wird. Neuerdings hat man deshalb vorgezogen, das Spiritusreservoir in Form einer Sturzflasche weiter vom Dochte zu entfernen. Jede Berzelius'sche Lampe ist mit einem Ständer versehen, mit mehreren Armen, durch welche das zu erhitzende Geräth gehalten wird.

Nur in seltneren Fällen braucht man noch Kohlenöfen, wie sie bei der Bereitung der Salpetersäure beschrieben worden sind (siehe Fig. 189, 190 u. 191. S. 233). Hat man aber gleichzeitig Mehreres zu erhitzen, so ist die Anwendung eines Kohlenöfchens als Sandbad recht vortheilhaft. Man deckt nämlich eine Eisenplatte oben darauf und überschüttet diese etwa 2 Zoll hoch mit Sand, in welchen man die einzelnen zu erhitzenden Gefäße einsenkt. Die Platte kann über den Rand des Ofens überstehen und bietet dann noch den Vortheil, daß man auf ihr Stellen von sehr verschiedener Temperatur findet.

Im Winter reicht die mit Sand bestreute Platte in den Röhren der geheizten Stubenöfen für die meisten Zwecke vollkommen aus.

§. 400. **Destillir- und Gasentwickelungsgeräthe.** Die Geräthe, mit welchen man Destillationen im Kleinen ausführt, sind bereits in §. 80 beschrieben und in Fig. 100, 101 u. 102 auf S. 140 abgebildet. Wir erwähnen sie hier nur, um die Aufzählung vollständig zu machen.

Alle Geräthe, welche man bei Versuchen mit Gasarten nöthig hat, zerfallen in drei Hauptabtheilungen, für den Zweck der Gasentwickelung, der Gasleitung, und der Gasauffammlung.

Wenn die Gasentwickelung ohne Mithülfe von Wärme vor sich geht, so nimmt man dazu die in Fig. 151 auf S. 188 abgebildete Flasche; wenn erhitzt werden muß, bedient man sich entweder solcher Kolben, wie sie in Fig. 146 a auf S. 182 zu sehen sind, oder der Retorten, wie bei dem in Fig. 143 auf S. 179 abgebildeten Apparate. Die Kolben können ziemlich dünnwandig sein, wenn sie nur besonders am Boden gleichmäßig dick ausgeblasen sind und gut gekühlt wurden.

Die Gasleitung besteht fast immer aus Glasröhren, aus sogenannten Barometerröhren, die jedoch natürlich für diesen Zweck durchaus nicht calibrisch zu sein brauchen. Man biegt sie, indem man sie über einer Spirituslampe unter fortwährendem Umdrehen um ihre Axe bis zur Rothgluth erhitzt. Die Biegungen dürfen weder zu rasch gemacht werden, noch zu scharf, um haltbar zu sein. Das Abschneiden geschieht bei Röhren bis zu 2‴ Dicke sehr einfach so, daß man nur an einer Stelle mit einer englischen Feile einen Einschnitt macht und abbricht. Bei dickeren Röhren muß man

Digitized by Google

den Feilstrich um die ganze Röhre herumgehen lassen, und wenn das Abbrechen nicht gehen will, ein in der Spirituslampe bis zum Rothglühen erhitztes Glasstäbchen auf den Schnitt aufsetzen. Es ist gut, wenn man die Schnittränder in der Flamme der Spirituslampe so weit erhitzt, daß sie sich abrunden.

Lange Gasleitungen setzt man gewöhnlich aus mehreren Stücken zusammen, und giebt ihnen zugleich dadurch eine gewisse Beweglichkeit. Die Verbindung geschieht durch Cautschouc, wenn die Gase nicht etwa heiß oder mit heißen Dämpfen gemengt sind. Cautschoucplatten von $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ Linie Dicke werden in etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll breite Streifen geschnitten, an dem Ende, welches gebraucht werden soll, über der Spirituslampe erwärmt, um eine Glasröhre gelegt von etwas beträchtlicherer Dicke, als diejenige der zu verbindenden Gasleitungsstücke, über der Röhre abgeschnitten (s. Fig. 240) und mit den frischen Schnitträndern durch Aneinanderlegen zusammengeklebt. Das fertige Cautschoucröhrchen zieht man von der Glasröhre, und schnüret es mit dünnem Bindfaden auf den Enden der zu verbindenden Glasröhren fest (Fig. 241). Diese Verbindungen sind völlig luftdicht. Durch heiße Wasserdämpfe werden jedoch die Nähte wieder gelöst. Sobald man also längere Zeit heiße Dämpfe durch ein solches Verbindungsstück zu führen hat, ist das Cautschouc nicht anwendbar, und muß durch Thierblase ersetzt werden, die man naß umlegt.

Fig. 240.

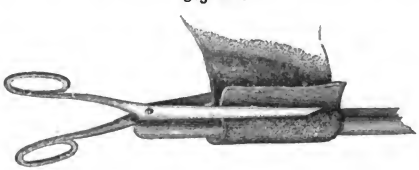
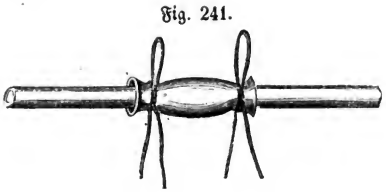


Fig. 241.



Die Gasleitungsröhren werden fast immer vermittelst Kork in den Hals der Gasentbindungs- und anderer Gefäße eingesetzt. Nur dichte, feine Korke sind brauchbar. Ehe sie eingepaßt werden, macht man sie durch Klopfen weich. Die Löcher für die Gasleitungen sticht man mit einer Pfrieme vor und weitet sie mit runden Feilen, den sogenannten Rattenschwänzen, bis zum gehörigen Durchmesser aus. Bei einiger

Digitized by Google

Sorgfalt schließt Kork und Glas luftdicht an einander, so daß man keinen Kitt nöthig hat. Ist es nöthig, so verkittet man an Stellen, die nicht zu heiß werden, mit Siegellack, an solchen, die höher erhitzt werden, mit Leinöl- oder Glaserkitt, einer Verreibung von Leinöl mit plastischem Thon. Dieser Kitt wird noch zäher und haltbarer, wenn man in dem Leinöl geschmolzenes Caoutschouc auflöst.

Der Gasleitung untergeordnet sind die Sicherheitsröhren, die Austrocknungsröhren und die Waschflaschen.

Die Sicherheitsröhren sind schon in §. 144 beschrieben, ihre gewöhnlichste Form ist aus Fig. 195 *b* und *c* S. 239 ersichtlich.

Die Austrocknungsröhren sind etwa ⅓ Zoll weite Glasröhren, Fig. 242. Durch Korke werden sie mit der Gasleitung verbunden, hinter

Fig. 242.

den Kork legt man zunächst etwas Baumwollendocht, damit die Gasleitungsröhre durch das zerfließende Chlorcalcium nicht zu leicht verstopft wird; der übrige Theil der Röhre ist mit etwa erbsengroßen Chlorcalciumstücken gefüllt.

Die Wirkung der Waschflaschen ist bereits in §. 120 besprochen; ihre Form ist aus Fig. 168 auf S. 204 und aus Fig. 195 auf S. 239 ersichtlich.

Ueber die Gasauffammlungsgeräthe ist das Nöthige schon S. 80 und 81 angegeben.

§. 401. **Gefäße für chemischen Gebrauch.** Die Gefäße, welche bei chemischen Arbeiten gebraucht werden, sind aus Glas, Porzellan, feuerfesten Thon oder Platin.

Die Glasgefäße haben vor allen anderen den Vorzug, daß sie sehr glatt, unangreifbar und zugleich durchsichtig sind; sie vertragen jedoch keine hohen Temperaturen.

Fig. 243.

Fig. 244.

Außer den in §. 389 bereits angeführten Probirgläsern und Kölbchen braucht man noch größere Gläser zur Aufbewahrung von Flüssigkeiten entweder von Cylinderform oder Becherform. Die Cylinder, Fig. 243, haben vor den Bechern, Fig. 244, den Vorzug größerer Haltbarkeit; wegen

Digitized by Google

der Dicke ihrer Böden können sie aber nicht erwärmt werden; bei Bechern ist dies möglich, wenn sie recht dünn und gleichmäßig im Glase sind; man kann dann darin kochen und eindampfen. Bei längerem Stehenlassen bedeckt man die Oeffnungen mit einer Glasplatte. Zu einer längeren Erwärmung, mit der kein Abdampfen verbunden sein soll, dienen die bauchigen Kolben, Fig. 245, die sogenannten Digerirgläser. Auch sie müssen besonders am Boden gleichmäßig dünn sein. Flache Glasschalen, Uhrgläser braucht man für verschiedene Zwecke.

Fig. 245.

Aus Porzellan gefertigt sind besonders dicke Reibschalen mit Reiber zum Pulvern der zu untersuchenden Stoffe, Fig. 246, dünne flache Schalen mit Ausguß, sogenannte Abdampfschalen, Fig. 247, und kleine dünne Tiegel mit Deckel zum Glühen, Fig. 248.

Fig. 246.

Fig. 247.

Fig. 248.

Von Thongeräthen braucht man nur hessische Schmelztiegel von verschiedenen Größen, und diese nur selten.

Glas und Porzellan muß vor sehr raschem Temperaturwechsel in Acht genommen werden; das Glas zerbricht sehr leicht bei ungleicher Erwärmung, das Porzellan bekommt wenigstens Risse in der Glasur und kann dann nicht mehr vollständig gereinigt werden.

Von Platin ist vorzüglich ein Tiegelchen mit Deckel zum Glühen und Schmelzen solcher Stoffe nothwendig, welche das Porzellan angreifen, oder in ihm nicht die gehörige Hitze annehmen können. Für manche Zwecke ist jedoch eine flache Platinschale vorzuziehen.

Hinsichtlich der Vorsichtsmaßregeln beim Gebrauche des Platins verweisen wir auf §. 369 S. 403.

Trocknen und Wägen. Fast alle Stoffe werden vor der chemischen §. 402.
Untersuchung in ein mehr oder weniger feines Pulver verwandelt, sind dann aber auch vorzüglich fähig, Wasser aus der feuchten Luft zu absorbiren (vergl. §. 49). Dieses hygroskopische Wasser gehört nun nicht zu ihrer Zusammensetzung und muß vor der Untersuchung durch Austrocknen entfernt werden. Bei größeren Quantitäten geschieht dies durch Ausbreiten auf einer Porzellanschale und längeres Stehenlassen auf dem Sandbade, bei geringeren Quantitäten in einem Tiegel durch Erhitzen über

Digitized by Google

der Berzelius'schen Lampe, jedoch ohne die Temperatur bis zum Glühen zu steigern.

Das Wägen des getrockneten Stoffes muß so vorgenommen werden, daß er während desselben keine Feuchtigkeit anziehen kann, also indem man ihn entweder in zwei mit ihren Rändern zusammengelegten Uhrgläsern einschließt, oder in eine am einen Ende zugeschmolzene, am anderen verkorkte Glasröhre bringt, oder auch indem man ihn in dem bedeckten Tiegel läßt, wenn er vorher geglüht war.

Wie eine Wage zu prüfen und zu gebrauchen ist, findet sich in §. 23 bis 27 ausführlich erörtert.

§. 403. **Auflösen und Abdampfen.** Die Auflösung geschieht am besten in den bauchigen Flaschen (Fig. 245). In ihnen verdampft das Auflösungsmittel nicht zu rasch, indem die Dämpfe aus dem engen Halse nicht sogleich einen Ausweg finden und in Berührung mit dem kälteren oberen Theile des Gefäßes größtentheils wieder verdichtet werden. Findet die Auflösung unter sehr starkem Aufbrausen Statt, so legt man die Flaschen auf die Seite, so daß die aufgeworfenen Bläschen nicht zur Oeffnung hinausgelangen können.

Die Abdampfschalen zeigt Fig. 247. Soll das Abdampfen so lange fortgesetzt werden, bis ein trockener Rückstand bleibt, so muß die zuletzt zähflüssige Masse mit einem Spatel fleißig umgerührt werden, damit nichts verspritzt. Zu Spateln nimmt man gewöhnlich an beiden Enden rundzugeschmolzene starke Glasröhren.

In den Fällen, wo eine Lösung, ehe etwas Weiteres mit ihr vorgenommen werden kann, eingedampft werden muß, führt man auch die Lösung in der Schale aus, jedoch wenn sie nach der Einwirkung des Lösungsmittels aufbraust, mit der Vorsicht, daß man die verspritzte Flüssigkeit in einem übergestülpten Trichter auffängt und diesen nachher mit einer Spritzflasche (s. Fig. 257) abwäscht.

Digerirflaschen und Schalen beschlagen zu Anfang der Erhitzung von außen mit Wasser, besonders wenn man sie frei über der Spirituslampe erhitzt; in diesem Falle muß man ihren Boden einigemal mit einem Tuche abwischen, damit sie nicht zerspringen, wenn größere Wassertropfen bis zum heißen Theile herabfließen.

§. 404. **Filtriren, Auswaschen.** Im dritten Abschnitte wurde nur schlechthin gesagt, daß die Trennung eines Niederschlages von der Flüssigkeit, aus der er entstand, durch Filtriren und Auswaschen bewirkt wird. Dabei sind aber viele wichtige Nebenumstände zu beachten.

Zum Filtriren dient bei analytischen Versuchen nur feines weißes, ungeleimtes Druckpapier, welches beim Verbrennen keinen beträchtlichen Aschenrückstand hinterläßt. Der Betrag dieses Aschenrückstandes muß vor

Digitized by Google

dem Versuche genau bestimmt werden, daher man wohl thut, gleich eine größere Quantität von einer Filtrirpapiersorte anzuschaffen.

Aus dem Filtrirpapiere bildet man Spitzbeutel von der Form der Fig. 249, indem man ein viereckiges Stück Papier auf die in Fig. 250 ange-

Fig. 249.

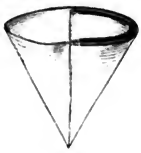


Fig. 250.

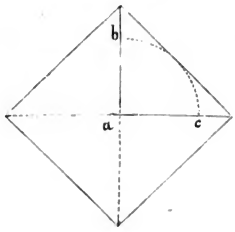


Fig. 251.

gebene Weise zusammenlegt und dann so abschneidet, daß die Spitze *a* möglichst genau das Centrum des Kreisbogens *b c* ist und öffnet, so daß auf der einen Seite das Papier dreifach über einander liegen bleibt. Zu diesen Filtern gehören Glastrichter, Fig. 251, deren Seitenwände nach der Spitze zu unter einem Winkel von 60° gegen einander geneigt sind, so daß *a b c* ein gleichseitiges Dreieck wird. Das Papier schließt sich, wenn diese Bedingungen erfüllt sind, wenigstens im oberen Theile eng an die Trichterwände an und wird von ihnen gehalten.

Gießt man eine Flüssigkeit, in welcher suspendirte Theile schwimmen, auf ein solches Filter, so zieht sich das Flüssige zwischen den Papierporen durch, während das Aufgeschwemmte auf dem Papier zurückgehalten wird.

Ehe man eine Flüssigkeit filtrirt, läßt man sie so lange stehen, bis sich der Niederschlag gut abgesetzt hat, und gießt wo möglich die obere klare Flüssigkeit für sich ab, man *decanthirt*.

Bevor man den Niederschlag selbst auf das Filter bringt, muß man dieses gut benetzen, damit es sich fest an den Trichter anlegt und damit sich seine Poren etwas schließen. Den Niederschlag rührt man mit Wasser an, oder im besonderen Falle mit einer anderen passenden Flüssigkeit, gießt das Filter bis zum Rande voll und ersetzt das Durchgelaufene durch neue Aufgüsse; zuletzt spühlt man das Gefäß, in dem sich der Niederschlag befand, aus und gießt auch diese Spühlflüssigkeit auf's Filter.

Das Aufgießen der Flüssigkeit auf das Filter muß ohne Verlust ausgeführt werden, d. h. ohne daß sich etwas Flüssigkeit über den Rand des Gefäßes hinüberzieht und unten abtropft. Man legt deshalb einen Glasstab an die Stelle des Gefäßrandes, wo der Abfluß stattfinden soll und

Digitized by Google

läßt am Glasstabe, wie es Fig. 252 zeigt, abfließen. Indem man mit dem Glasstabe abwärts streicht, nimmt man den beim Umkehren des Gefäßes etwa am Rande hängenbleibenden Tropfen ab. Um die letzten Reste eines Niederschlages auf das Filter zu bringen, muß man häufig die glatt abgeschnittene Fahne einer Feder anwenden.

Fig. 252.

Der Rückstand, welcher auf dem Filter bleibt, ist indeß nach dem Ablaufen der Spühlflüssigkeit noch keineswegs rein, sondern hält durch Aufsaugung einen Theil derjenigen Flüssigkeit, aus welcher er gefällt wurde, zurück; davon wird er durch das sogenannte Auswaschen oder Aussüßen befreit.

Das Auswaschen besteht darin, daß man Wasser oder in besonderen Fällen eine andere passende Flüssigkeit auf das Filter aufgießt, dadurch die im Niederschlage und im Filtrirpapier zurückgehaltene Lösung verdünnt und allmälig ganz verdrängt, indem man das Aufgießen des Wassers nach dem Abfluß des früheren einigemal wiederholt. Man setzt das Auswaschen so lange fort, bis ein Tropfen der durchlaufenden Flüssigkeit auf einem Uhrglase ohne Rückstand verdampft, oder wenigstens so lange, bis man durch Reagentien keinen von den in der zu entfernenden Lösung enthaltenen Stoffe zu erkennen vermag.

Das Auswaschwasser gießt man besonders zuletzt in Form eines feinen Strahles auf und sieht zugleich mit darauf, daß man den ganzen Niederschlag von den oberen Rändern des Filters hinwegbringt und in dessen Spitze zusammenspühlt. Man läßt daher den Strahl immer zuerst auf die obere Kante des Filters wirken.

Fig. 253.

Den Wasserstrahl erhält man durch die sogenannten Spritzflaschen, Fig. 253. Eine Glasröhre, welche an einem Ende zu einer feinen Spitze ausgezogen ist, steckt mittelst eines Korkes luftdicht auf einer Flasche. Bläst man Luft durch die Röhrenöffnung ein und verdichtet dadurch die Luft in der Flasche, so wird nach raschem Umkehren das Wasser so lange durch die Oeffnung herausgetrieben, bis sich die Luft in der Flasche wieder auf die gewöhnliche Dichte ausgedehnt hat. Diese Form der Spritzflasche ist jedoch nur dann anwendbar, wenn mit kaltem Wasser ausgewaschen wird.

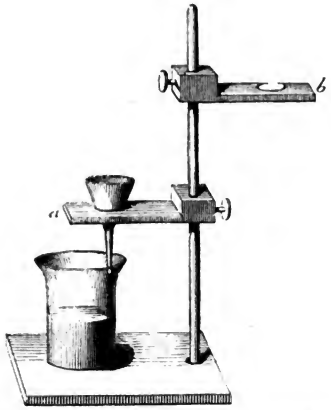
Um mit heißem Wasser auszuwaschen, läßt man die

Digitized by Google

Ausflußröhre (ſiehe Fig. 254) bis auf den Boden einer Digerirflaſche gehen und biegt ſie außen nach abwärts; durch den Kork geht eine zweite Röhre, durch welche Luft eingeblaſen wird, ſo daß das Waſſer durch die erſte Röhre ausfließen muß. Die ganze Flaſche läßt ſich auf ein Sandbad ſtellen, um das darin enthaltene Waſſer warm zu erhalten.

Fig. 254.

Fig. 255.



Während des Filtrirens ſetzt man die Trichter in einen Filtrirſtänder, deſſen Einrichtung aus Fig. 255 erſichtlich iſt.

Das Auswaſchen gehört zu den langwierigſten und langweiligſten Operationen, aber auch zugleich zu den unentbehrlichſten.

Glühen. Das Glühen geht zwar allerdings in Platintiegeln am §. 405.

Fig. 256.

ſchnellſten, indeſſen reichen in den meiſten Fällen Tiegel oder Schälchen von dünnem Porzellan aus. Zur Erhitzung der Tiegel wendet man eine Berzelius'ſche Lampe an; der Tiegel wird in einen Dreifuß aus zuſammengewundenem Drahte gefaßt und auf den weiteren Glühring des Lampenſtativs geſetzt, wie es Fig. 256 zeigt. Dadurch wird der Wärmeverluſt durch Fortleitung ſehr vermindert, und dem Tiegel die Wärme der Weingeiſtflamme vollſtändiger zugeführt.

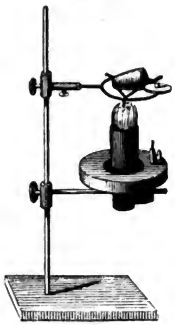
Es iſt nicht möglich, einen Niederſchlag ſo vollſtändig vom Filtrirpapier herunterzubringen, daß man das Filter ganz beſeitigen könnte. Man muß es deshalb mit verbrennen, aus dem bekann-

Digitized by Google

ten Aschengehalt des gebrauchten Filtrirpapiers den Betrag der von ihm herrührenden Asche berechnen und diesen vom Gewichte des ganzen Glührückstandes abziehen.

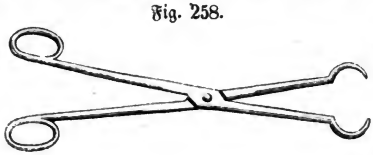
Die Filter werden, nachdem sie ausgewaschen sind, erst auf Fließpapier gelegt und vor dem Glühen vollkommen lufttrocken gemacht. Der größte Theil des Niederschlages löst sich dann leicht vom Papier ab; er wird in einer Porzellanschale aufgesammelt, und erst in den Tiegel gegeben, nachdem das Papier des Filters vollständig zu Asche verbrannt ist. Dies dauert besonders in dem Falle sehr lange, wo der Niederschlag in der Auswaschflüssigkeit nicht ganz unlöslich und daher das Papier von einer Salzlösung durchdrungen ist, wie z. B. beim Glühen der Filter, auf welchen sich phosphorsaure Ammoniaktalkerde befindet. Um die Veraschung des Filterpapiers zu beschleunigen, zerschneidet man dasselbe und trägt es in einzelnen Portionen ein, oder man legt den Tiegel schräg auf den Dreifuß und läßt die Spiritusflamme auf seinen Boden wirken, während die atmosphärische Luft in seine vordere Oeffnung eintreten kann. Durch Verlegen des Deckels (siehe Fig. 257) befördert man den Luftzutritt und damit die Verbrennung.

Fig 257.



Nachdem dies Filterpapier völlig verascht ist, dreht man den Arm des Glühringes so, daß der Tiegel aus der Flamme kommt, und bringt den eigentlichen Niederschlag hinein, die letzten Reste des Niederschlages kehrt man mit einem feinen Federchen ab.

Fig. 258.



Zum Angreifen der heißen Tiegel nimmt man eine Pincette, oder noch besser die in Fig. 258 abgebildete Tiegelzange. Durch Angreifen mit einer Pincette wird der Tiegelrand leicht verbogen.

Digitized by Google

Fünfter Abschnitt.

Landwirthschaftliche Mineralogie.

I. Umfang und Werth der landwirthschaftlichen Mineralogie.

Nur sehr wenige der Gesteine, welche in größerer Ausdehnung vor- §. 406.
kommen, sind reine chemische Verbindungen; bei weitem die Mehrzahl derselben besteht aus einem mechanischen Gemenge mehrerer einfacher chemischer Verbindungen oder Mineralien. Allein die Anzahl solcher Mineralien, welche als wesentliche Bestandtheile von Felsarten auftreten, ist keineswegs sehr groß, und nur diese sind für landwirthschaftliche Fragen von Wichtigkeit. Indem wir in diesem Abschnitte eine Beschreibung derselben geben, berücksichtigen wir vorzüglich ihre chemischen Eigenschaften, denn nur so ist es möglich, eine richtige Einsicht von dem Verhältnisse zu gewinnen, in welchem die Mineralien zur Dammerde oder dem Pflanzenboden und zu den Pflanzen selbst stehen. Bei gehöriger Berücksichtigung der chemischen Eigenschaften liefert aber die Mineralogie eine sehr wichtige, ja unentbehrliche Grundlage der Bodenkunde; sie zeigt, welche Elemente und in welcher Verbindung dieselben im Boden, als dem Verwitterungsproducte der Felsarten, vorkommen können.

Dabei genügt es nicht, die chemische Zusammensetzung der Mineralien für sich anzugeben. Diese hat nur wenig Bedeutung, wenn man außer ihr nicht zugleich die Umstände kennt, unter welchen sich die einzelnen Mineralien zersetzen, und die Stoffe, in welche sie bei der Zersetzung zerfallen. Namentlich verdient die Verwitterung der Mineralien, d. h. die Art allmäliger Zersetzung beachtet zu werden, welche die Mineralien unter dem bloßen Einflusse der Atmosphäre erleiden.

Chemische Zusammensetzung der Mineralien und Isomorphis- §. 407.
mus. Wie bei den chemischen Verbindungen im Allgemeinen, so hängen

Digitized by Google

auch bei den Mineralien insbesondere alle wesentlichen Eigenschaften, als Gestalt der Krystalle, Dichte und Härte auf das Innigste mit der chemischen Zusammensetzung zusammen. Aber die chemische Zusammensetzung der Mineralien selbst scheint, wenigstens für den ersten Anblick nicht immer auf Aequivalenten-Verhältnisse zurückgeführt werden zu können. So ergiebt sich bei der Untersuchung auch der reinsten Kalke, der sogenannten Kalkspathe, daß in ihnen gewöhnlich neben Kalkerde etwas Talkerde, Eisenoxydul und Manganoxydul vorkommt und zwar in so schwankenden Verhältnissen, daß man sie nicht wohl als mit der ersten zu Doppelsalzen verbunden ansehen kann. In gleicher Weise ist das neutrale kohlensaure Eisenoxydul als Mineral fast nie frei von geringen Mengen der Kalkerde, Talkerde und des Manganoxyduls. Endlich gilt auch dasselbe für die kohlensauren Verbindungen der Talkerde und des Manganoxyduls.

Wie aber in diesem und in vielen anderen Fällen Kalkerde, Talkerde, Eisenoxydul und Manganoxydul, denen sich auch Kali und Natron anschließen, in völlig unbestimmten Mengen neben einander auftreten, so sind es noch mehrere andere Gruppen ebensowohl von Säuren, als von Basen, welche einander begleiten, ohne in einem Aequivalentverhältnisse zu einander zu stehen; wir machen unter ihnen nur noch die Gruppe von Eisenoxyd, Manganoxyd und Thonerde namhaft. So mannichfaltig indeß auch zwischen den einzelnen Basen oder Säuren einer Gruppe das Verhältniß des Vorkommens sein mag, stets bleibt das Verhältniß zwischen dem Sauerstoffgehalte aller Basen und dem Sauerstoffgehalte aller Säuren ein festes, mit Aequivalentverhältnissen übereinstimmendes. So beträgt in allen Kalkspathen, mag auch mehr oder weniger von Talkerde, Eisenoxydul und Manganoxydul in ihnen enthalten sein, der Sauerstoffgehalt der Kohlensäure doppelt so viel, als der Sauerstoffgehalt der Basen, d. h. die Kohlensäure kommt in solcher Menge vor, daß sie auf alle Basen vertheilt, nur neutrale Salze liefert.

Die Basen, welche einander in der angegebenen Weise begleiten, oder wie man sich gewöhnlich ausdrückt, für einander vicariren können, zeigen immer in ihrer Verbindung eine gewisse Analogie, die sich am deutlichsten in den Krystallgestalten ausspricht. So krystallisiren die neutralen kohlensauren Salze der Kalkerde, Talkerde u. s. w. nicht allein alle in Formen, die zu einem und demselben Krystallsysteme gehören, sondern die Abmessungen ihrer Krystalle, die Winkel, unter denen die Hauptflächen zusammenstoßen, haben nahe dieselbe Größe. Man sagt deshalb, die Kalkerde sei mit der Talkerde, dem Eisenoxydul und Manganoxydul isomorph, d. h. die genannten Basen, denen sich noch einige andere anreihen, geben mit derselben Säure nach demselben Schema verbunden Salze, deren Krystalle hinsichtlich der Symmetrie der Gestalten völlig, und hinsichtlich ihrer einzelnen Abmessungen sehr nahe mit einander übereinstimmen.

Digitized by Google

Es ist für unseren Zweck nicht nöthig, weiter in das Wesen des Isomorphismus und die mannichfaltigen anderen Gruppen isomorpher Stoffe, isomorpher Basen und Säuren einzudringen. Es reicht hin einzusehen, daß nur solche Stoffe für einander vicariren können, deren entsprechende Verbindungen wenn auch nicht gleiche, doch sehr ähnliche Krystallformen darbieten, und daß, wenn von einem Stoffe eine gewisse Menge durch einen anderen isomorphen Stoff ersetzt ist, diese Ersetzung nach den Verhältnissen ihrer Aequivalente stattfindet, so besteht die reine neutrale kohlensaure Kalkerde, der völlig reine Kalkspath aus:

Kalkerde .	56,3
Kohlensäure	43,7;

ist nun wie im Bitterspath die Hälfte der Kalkerde, nämlich 28,1 durch Talkerde ersetzt, so treten für 28,1 Gewichtstheile Kalkerde nicht ebenso viel Gewichtstheile Talkerde ein, sondern nur 20,7. Das Aequivalent der Kalkerde ist nämlich (250 + 100 =) 350, dasjenige der Talkerde (158 + 100 =) 258, und es verhält sich 350 : 258 = 28,1 : 20,7. Die Zusammensetzung des Bitterspathes ist demnach:

Kalkerde .	28,1
Talkerde .	20,7
Kohlensäure	43,7
	92,5

oder in 100 Theilen:

Kalkerde .	30,6
Talkerde .	22,2
Kohlensäure	47,2
	100,0

Verwitterung der Mineralien. Bei der Verwitterung sind §. 408.
besonders der Sauerstoff der Atmosphäre, das Wasser und die Kohlensäure thätig.

Der Sauerstoff wirkt namentlich auf solche Verbindungen zersetzend ein, in welchen Eisen oder Mangan als Oxydul enthalten sind, indem er diese letzten in Oxyde überführt. Dadurch wird aber die frühere Verbindungsweise gestört; denn die entstandenen Oxyde bilden mit den Säuren anders krystallisirende Salze, als die Oxydule und die mit ihnen gewöhnlich zugleich vorkommenden isomorphen Basen. Die frühere Form der Krystalle steht nicht mehr in einem wesentlichen Zusammenhange mit ihrer chemischen Zusammensetzung; sie umschließt nur lose ein Haufwerk anders gestalteter neugebildeter Krystalle. Eine Oxydation ist deshalb mit einer mechanischen Auflockerung der Mineralmassen verbunden, durch welche bei Vergrößerung der Oberfläche auch die weitere chemische Zersetzung befördert wird.

Digitized by Google

Den kräftigsten Einfluß bei der Verwitterung übt das Wasser aus. Obgleich nur sehr wenige Mineralien darin geradezu auflöslich sind, wie der Gips, so verwittern doch einige und gerade sehr feste Verbindungen des Mineralreiches, wie die Feldspathe, nur dadurch, daß sie Wasser in sich aufnehmen; sie zerfallen dabei in lösliche Alkalisilicate, welche ausgewaschen werden und in unlösliche Hydrate von Thonerdesilicaten, welche zurückbleiben.

Durch die Kohlensäure oder eigentlich durch das kohlensäurehaltige Wasser werden den Mineralien die Alkalien und die alkalischen Erden, die letzteren in Form löslicher saurer Salze entzogen. Auch solche Silicate, welche selbst von Salpetersäure, wenigstens in kurzer Zeit nicht angegriffen werden, können einer längeren Einwirkung der Kohlensäure nicht widerstehen; auch sie verlieren allmälig ihren Gehalt an Alkalien und alkalischen Erden, die sich zugleich mit wenig Kieselsäurehydrat in Wasser lösen, während die meiste Kieselsäure theils frei, theils verbunden mit Thonerde und Eisenoxyd zurückbleibt.

Leider ist der Verlauf des chemischen Processes, in welchem die Verwitterung besteht, von den Mineralogen und Chemikern noch lange nicht so genau untersucht worden, wie man es für die Bodenkunde wünschen muß. In vielen Fällen sind wir noch nicht im Stande, bestimmt und in's Einzelne anzugeben, wie die Mineralien zu Pflanzenboden umgestaltet und wie allmälig ihre Bestandtheile in Auflösung übergeführt werden, um den Pflanzen als Nahrung dienen zu können.

Digitized by Google

II. Die landwirthschaftlich wichtigen Mineralien.

1. Quarz.

Mit dem Namen Quarz werden alle Mineralien bezeichnet, welche §. 409.
ganz oder doch hauptsächlich aus Kieselsäure — SiO_3 — bestehen und zwar aus a Kieselsäure (vergl. §. 197). Sie sind alle sehr hart, so daß sie auch von sehr feinen Feilen kaum angegriffen und von sehr harten Messern nicht geritzt werden, daß sie Glas sehr leicht ritzen und am Stahle Funken geben. Die Quarze sind härter, als alle anderen gewöhnlich vorkommenden Mineralien. Hinsichtlich der Form, des Glanzes und der Durchsichtigkeit weichen sie sehr weit von einander ab; sie finden sich in allen Farben und in allen Graden von Glanz und Durchsichtigkeit.

Man unterscheidet danach eine große Zahl von Unterarten, welche unter zwei Hauptabtheilungen fallen.

1. Abtheilung. Der ersten Abtheilung werden alle Quarze untergeordnet, welche deutlich krystallinisch sind. Die gewöhnliche und vorherrschende, ja fast allein vorkommende Krystallgestalt ist sehr leicht aufzufassen; es ist eine sechsseitige, sechsflächig zugespitzte Säule. Die Dichte der hierher gehörigen Unterarten schwankt zwischen 2,65 und 2,75. Wir erwähnen darunter folgende.

a. Bergkrystall. Alle Bergkrystalle glänzen wie Glas und geben beim Zerschlagen scharfkantige Stücke mit muschlich ausgebogenen Flächen. Die wasserklaren Bergkrystalle haben eine Dichte von 2,65; wir erwähnen dieselben nicht sowohl wegen der Häufigkeit ihres Vorkommens, als wegen der Reinheit ihrer Masse; sie enthalten chemisch reine Kieselsäure.

b. Gemeiner Quarz. Dieser ist wenig durchsichtig, sein Glanz hat mehr Aehnlichkeit mit dem des Fettes, als mit dem des Glases; seine Bruchflächen sind uneben oder splittrig. Seine Gestalt geht vom vollkommen Krystallinischen bis in das Derbe über. Er bildet häufig Massen mit stänglicher und schaliger Absonderung, wie im Quarzschiefer, oder mit körniger Absonderung, wie im Quarzsandstein. Seine Dichte schwankt von 2,65 — 2,7. Er enthält stets neben der Kieselsäure andere Einmengungen, namentlich Thonerde und Eisenoxyd; durch letzteres wird er röthlich, gelblich oder bräunlich gefärbt.

Der gemeine Quarz ist das verbreiteteste von allen Mineralien. Sein Auftreten als selbstständige Gebirgsmasse, als Quarzfels, ist zwar nicht bedeutend, aber er macht einen wesentlichen Bestandtheil der verbreitetesten

Digitized by Google

Felsarten aus, wie des Granites, Gneißes u. s. w. Die Sandsteine und der Sand bestehen fast ganz aus ihm und im Schuttlande ist er sehr häufig.

2. Abtheilung. Diese Abtheilung umfaßt alle Quarzmassen, an welchen keine krystallinischen Gestalten zu erkennen sind. Diese haben noch die Härte und Dichte (2,5 — 2,8) des Quarzes, aber sie enthalten schon mehrere Procente von eingemengten Erden und Metalloxyden, sind alle gefärbt, wenig glänzend bis matt und kaum durchscheinend, die hierher gehörigen wichtigen Unterarten sind folgende:

a. Der Hornstein ist grau, gelb, grün, roth oder braun; er findet sich häufig anderen Gesteinen untergeordnet, so den Porphyren, Mergeln und Sandsteinen.

b. Der Jaspis, eine durch Eisenoxyd roth oder gelb gefärbte Quarzmasse, welche wie der Hornstein anderen Gebirgsarten untergeordnet vorkommt.

c. Der Kieselschiefer ist eine mit Eisenoxyd, Thonerde, Kalkerde und gewöhnlich auch mit Kohle vermengte graue oder schwarze schieferige Quarzmasse, welche häufig in ausgedehnten dem sogenannten Thon und in Grauwackenschiefern untergeordneten Lagern vorkommt. Er ist häufig von dünnen Lagen gemeinen Quarzes unregelmäßig durchzogen.

Hornstein, Jaspis und Kieselschiefer sind übrigens keine bestimmt unterscheidbaren Unterarten; sie gehen in einander über. Manche Hornsteine sind ebenso wenig vom Jaspis zu unterscheiden, als andere vom Kieselschiefer.

d. Chalcedon und Feuerstein reihen sich an den derben Quarz an. Sie unterscheiden sich aber von ihm dadurch, daß sie in der Glühhitze bis über 1 % am Gewichte verlieren. Der Gewichtsverlust besteht in Wasser und dieses ist mit einem Theile der Kieselsäure zu Kieselsäurehydrat verbunden, welches aus ihrem Pulver durch Kalilauge leicht ausgezogen werden kann.

Alle Unterarten des Quarzes welche Kieselsäurehydrat enthalten, sind mehr oder weniger durchscheinend und haben ein eigenthümlich mildes Aussehen. Die Feuersteine sind sehr verbreitet; ihre ursprüngliche Lagerstätte ist das Kreidegebirge, sie finden sich aber auch häufig im Schuttlande. Ihre Farbe ist gelblich-, bräunlich- bis schwärzlich-grau. Hornstein, Chalcedon und Feuerstein haben häufig organische Formen, indem sie die Versteinerungsmasse von Hölzern und Seethieren bilden. Viele Feuersteine bestehen ganz aus den Panzern mikroskopisch kleiner Thiere.

Der Quarz ist besonders ausgezeichnet durch seine Härte und durch sein Verhalten gegen Säuren; er wird von keiner Säure angegriffen, außer von der Fluorwasserstoffsäure. Als Gemengtheil von Fels- und Bodenarten kann er nicht leicht verkannt werden.

Alle Arten des Quarzes zeigen keine eigentliche Verwitterung; sie werden zwar mechanisch zertrümmert und abgerieben, aber chemisch nicht verändert. Die reineren Arten verlieren unter dem Einflusse der Atmosphäre nicht einmal ihren Glanz.

Digitized by Google

2. Schwer zersetzbare Alkali-Thonerde-Silicate.

Feldspathe. Die Feldspathe bilden zwar keine eigentliche Mineral- §. 410.
gattung, umfassen aber eine Reihe von Mineralarten, die in ihren Eigenschaften und nach ihrem Vorkommen viel Uebereinstimmendes zeigen. Sie sind sämmtlich Doppelsilicate der Alkalien oder alkalischen Erden und der Thonerde. Ihre Krystalle sind wenigstens nach zwei Richtungen leicht spaltbar, so daß die Spaltungsflächen fast wie die natürlichen Krystallflächen glatt und eben sind (vergl. §. 39 S. 48). Diese Eigenschaft ist so hervorstechend, daß man sie schon in der Endsilbe ihres Namens, in der Anhängesilbe »Spath« angedeutet hat. Die eine Hauptspaltungsfläche hat gewöhnlich einen perlmutterartigen Glanz. Die krystallisirten Feldspathe haben ziemlich dieselbe Härte, welche jedoch geringer ist, als diejenige des Quarzes; von der Feile werden sie nur sehr wenig angegriffen; am Stahle geben sie Funken; durch Quarz werden sie sehr deutlich geritzt.

Die Feldspathe treten als wesentliche Gemengtheile einer größeren Zahl von Felsarten auf, welche unter den Gebirgsmassen eine sehr bedeutende Rolle spielen, und deren Trümmern und Verwitterungsproducte im Pflanzenboden nie fehlen. Haben sie schon deshalb für die Bodenkunde eine große Wichtigkeit, so wird dieselbe durch das Verhältniß, in welchem ihre Verwitterungsproducte zu der Pflanzenwelt stehen, noch um Vieles vergrößert. Sie sind es, welche den Pflanzen die zu ihrem Wachsthum nöthigen Alkalien fast ausschließlich zuführen; aus ihnen entsteht der Thon, welcher dem Boden mechanischen Zusammenhang giebt und ihn befähigt, Wasser in größerer Menge aufzusaugen und zurückzuhalten.

Die wichtigsten unter den Feldspathen sind der Orthoklas, der glasige Feldspath, der Albit, Periklin, Oligoklas und Labrador.

Orthoklas. Der Orthoklas kommt sehr häufig in großen Kry- §. 411.
stallen vor, welche ein theils dicktafelförmiges, theils kurz säulenförmiges Aussehen haben. Die Krystalle sind nach zwei Richtungen, die sich rechtwinklig durchschneiden, sehr vollkommen spaltbar. Der Orthoklas erscheint aber auch in sehr kleinen Krystallen, welche zu grob- bis feinkörnigen und dichten Haufwerken vereinigt sind. Die Dichte des Orthoklases schwankt zwischen 2,53 und 2,58. Seine procentische Zusammensetzung ist:

Kieselsäure . .	65,2
Thonerde . .	18,1
Kali	16,7

sie wird durch die Formel ausgedrückt:

$$(KO + SiO_3) + (Al_2O_3 + 3\,SiO_3).$$

Digitized by Google

Der Orthoklas ist also eine Verbindung von neutralem kieselsauren Kali mit neutraler kieselsaurer Thonerde. Ein geringer Gehalt an Natron fehlt jedoch fast nie, ein Gehalt an Kalkerde, Talkerde und Eisenoxyd selten. Natron, Kalkerde und Talkerde treten vicarirend für einen Theil des Kali's ein, Eisenoxyd für einen Theil der Thonerde.

Man unterscheidet folgende Unterarten:

a. Adular. Hierher werden alle farblosen oder lichtgefärbten, glasglänzenden, durchsichtigen bis durchscheinenden Krystalle gezählt. Sie enthalten wenig Eisenoxyd und Manganoxyd.

b. Gemeiner Feldspath werden alle weniger glänzenden und blos durchscheinenden oder undurchsichtigen Krystalle genannt. Diese sind häufig in's Gelbe, Rothe und Graue gefärbt.

c. Feldsteine heißen die feinkörnigen bis dichten Haufwerke kleiner, gewöhnlich nicht mehr unterscheidbarer Orthoklaskrystalle.

Die Orthoklase sind sehr verbreitet als wesentliche Gemengtheile der Gneiße, Granite, Granulite, Syenite und Porphyre.

§. 412. **Glasiger Feldspath.** Der glasige Feldspath steht dem Orthoklas in jeder Beziehung sehr nahe; er zeigt ziemlich dieselben Krystallformen, ganz dieselbe Spaltbarkeit, dieselbe Härte und Dichte (2,56). Er ist stets graulich, glasglänzend, durchscheinend bis durchsichtig, gewöhnlich sehr rissig. Vom Orthoklas unterscheidet er sich vorzüglich dadurch, daß nicht blos kleine Einmengungen von Natron in ihm vorkommen, sondern daß regelmäßig der Natrongehalt (4 %) etwa halb so viel beträgt, als der Kaligehalt (8 %). Dieses mehr gleichmäßige Auftreten von Kali und Natron drückt man in der Formel auf folgende Weise aus:

$$\left(\begin{matrix}KO\\NaO\end{matrix}\right\} + SiO_3\Big) + (Al_2O_3 + 3SiO_3)$$

Von Kalkerde, Talkerde und Eisenoxyd sind nur sehr geringe Mengen in ihm enthalten.

Der Orthoklas geht in glasigen Feldspath über, wenn ein größerer Theil des Kali's durch Natron ersetzt wird.

Der glasige Feldspath ist viel weniger verbreitet, als der Orthoklas, er ist ein charakteristischer Gemengtheil der Trachyte.

§. 413. **Albit.** Der Albit oder Tetartin unterscheidet sich in seinem äußeren Aussehen nur wenig von dem farblosen oder lichtgefärbten Orthoklas. Seine beiden vollkommenen Spaltungsflächen durchschneiden sich aber nicht rechtwinklig, sondern nur in einem Winkel von 86°,5; er hat ferner eine etwas bedeutendere Härte und Dichte. Den Hauptunterschied zwischen Albit und Orthoklas bietet jedoch die chemische Zusammensetzung, in welcher das Kali fast vollständig durch Natron ersetzt ist.

Digitized by Google

Die dem Albit zukommende Formel ist:

$$(NaO + SiO_3) + (Al_2O_3 + 3SiO_3).$$

Der Albit bestände danach in 100 Theilen aus:

Kieselsäure	69,1
Thonerde	19,2
Natron	11,7

Allein wie im Orthoklas nie das Natron, so fehlt im Albit nie das Kali gänzlich. Auch geringe Mengen von Kalkerde, Talkerde und Eisenoxyd fehlen in ihm nicht.

Der Albit kommt krystallisirt und derb vor; er ist farblos oder weißlich, glasglänzend, durchsichtig bis halbdurchsichtig. Seine Dichte beträgt 2,6 bis 2,67.

Der Albit ist sehr verbreitet als Gemengtheil vieler Gneiße, Granite, Grünsteine, Porphyre und des Trachyts.

Periklin. In demselben Verhältnisse wie der glasige Feldspath zum Orthoklas steht der Periklin zum Albit. Der Periklin unterscheidet sich durch seine Krystallformen und die Art seiner Spaltbarkeit nicht wesentlich vom Albit, aber in seiner Zusammensetzung ist ein beträchtlicher Theil des Natrons durch Kali ersetzt, so daß der Gehalt daran bis 2,5% steigt. Die Formel für den Periklin ist demnach: §. 414.

$$\left(\begin{matrix}NaO\\KO\end{matrix}\right\} + SiO_3\right) + (Al_2O_3 + 3SiO_3).$$

Der Periklin ist weiß, trübe, nur an dünnen Kanten durchscheinend, seine Dichte ist nur 2,54—2,57, also geringer, als die des Albits.

Er findet sich in den Graniten der tyroler und salzburger Alpen.

Oligoklas. Der Oligoklas hat die Krystallform mit dem Albit und Periklin gemein. Seine zwei Hauptspaltungsrichtungen durchschneiden sich unter demselben Winkel wie beim Albit, aber die Spaltung selbst erfolgt in der einen Richtung viel vollkommener, als in der anderen. §. 415.

Unterscheidet sich Albit und Oligoklas schon dadurch von einander, so geschieht dies noch bestimmter durch die chemische Zusammensetzung, der die Formel entspricht:

$$(NaO + SiO_3) + (Al_2O_3 + 2SiO_3),$$

welche also in Procenten angiebt:

Kieselsäure	62,7
Thonerde	23,2
Natron	14,1.

Auch hier tritt etwas Kali, Kalkerde und Talkerde vicarirend für Natron, Eisenoxyd für Thonerde ein. Der Oligoklas enthält also basisch kieselsaure Thonerde anstatt der neutralen.

Er kommt selten krystallisirt vor, gewöhnlich in körnig krystallinischen

Digitized by Google

Haufwerken oder derb. Er ist hellfarbig, nur auf der vollkommenen Spaltungsfläche glasglänzend, trübe, schwach durchsichtig. Seine Dichte ist 2,64—2,66.

Der Oligoklas findet sich in vielen Graniten, Granuliten, Syeniten und Melaphyren.

§. 416. **Labrador.** Wie bei dem Oligoklas so ist auch bei dem Labrador die Spaltbarkeit in der einen Richtung sehr viel vollkommener, als in der anderen. Der Labrador findet sich fast nur in eingesprengten späthigen, körnigen bis dichten, gewöhnlich schmutziggrauen, glasglänzenden Massen. Die späthigen Stücke zeigen auf der Fläche der vollkommenen Spaltung häufig einen ausgezeichneten Farbenschiller. Die Dichte des Labradors, 2,68—2,74, ist bedeutender, als diejenige aller anderen Feldspathe. Seine Zusammensetzung weicht durch einen geringeren Kieselsäure- und einen beträchtlichen Kalkerdegehalt vom gewöhnlichen Typus der Feldspathe noch mehr ab, als diejenige des Orthoklases. Im Mittel ist dieselbe:

Kieselsäure .	53,4
Thonerde . .	29,7
Kalkerde . .	12,4
Natron . .	4,5

Sie wird durch die Formel repräsentirt:

$$\left(\begin{matrix}\mathrm{Ca\,O}\\ \mathrm{Na\,O}\end{matrix}\right\} + \mathrm{Si\,O_3}\Big) + (\mathrm{Al_2O_3} + \mathrm{Si\,O_3}).$$

Geringe Mengen von Talkerde und Kali befinden sich jedoch immer als Stellvertreter für Kalkerde und Natron in seiner Mischung, und ebenso Eisenoxyd und Manganoxyd für Thonerde.

Labrador ist ein Gemengtheil vieler Granite, Syenite, Melaphyre, der Dolerite und Basalte.

§. 417. **Verwitterung der Feldspathe.** Die Feldspathe sind sehr feste Verbindungen. Nur der Labrador wird im gepulverten Zustande von concentrirter Salzsäure zersetzt; auf die übrigen Feldspathe sind alle Säuren mit Ausnahme der Fluorwasserstoffsäure ohne Wirkung. Dennoch unterliegen sie der Verwitterung und verlieren dabei verhältnißmäßig an Kali und Kieselsäuregehalt, während die Thonerde sich in ihnen anhäuft und Wasser aufgenommen wird. So enthalten die verwitterten Orthoklase im Granit von Karlsbad:

Kieselsäure .	54,2
Thonerde . .	29,9
Eisenoxyd . .	1,2
Kalkerde . .	0,6
Talkerde . .	0,5
Kali . . .	4,7

Digitized by Google

Natron . .	0,4
Wasser . . .	8,5.

Im frischen Orthoklas ist nach §. 411 das Verhältniß zwischen Kali und Thonerde nahe wie 1 : 1, im verwitterten wie 1 : 6; im frischen Mineral verhält sich die Thonerde zur Kieselsäure etwa wie 1 : 3, im verwitterten nicht einmal wie 1 : 2. Der Feldspath wird durch die Verwitterung nach und nach in Kaolin übergeführt unter Aufnahme von Wasser und Abgabe von löslichem basisch kieselsauren Kali. Die procentische Zusammensetzung des Kaolins oder reinen Thons ist nämlich (vergl. §. 336):

Kieselsäure . .	47,0
Thonerde . .	39,0
Wasser . . .	14,0

und dieser Zusammensetzung entspricht die Formel:

$$-\ 3\,Al_2O_3 + 4\,SiO_3 + 6\,Aq. -;$$

aber:
$$3\,[(KO + SiO_3) + (Al_2O_3 + 3\,SiO_3)] + 6\,Aq. =$$
$$[3\,Al_2O_3 + 4\,SiO_3 + 6\,Aq.] + [3\,KO + 8\,SiO_3].$$

Dieselbe Erklärungsweise kann auch auf die Entstehung der Thone aus glasigem Feldspath, Albit und Periklin angewendet werden, nur daß bei ihrer Verwitterung neben dem kieselsauren Kali auch kieselsaures Natron ausgewaschen wird. Zugleich zeigt sie, in welcher Beziehung die Anwesenheit von solchem Thon, der noch in Verwitterung begriffene Feldspathe enthält, im Boden zum Pflanzenwachsthum steht und wie ein solcher augenblicklich durch mehrere Ernten erschöpfter Boden nach längerem Liegen wieder Kraft gewinnen kann. Die Verwitterung des fein vertheilten Feldspathes im Boden ist eine stetige Quelle von Kali für die Pflanzen, aber eben bei der Stetigkeit und Langsamkeit des Verwitterungsprocesses ist es unmöglich, einen Boden mit einem Male seines Kaligehaltes zu berauben.

Die Verwitterung der übrigen Feldspathe mag auf einem dem angegebenen sehr ähnlichen Vorgange beruhen; noch fehlen aber Untersuchungen ihrer Verwitterungsproducte.

Glimmer. Der (sogenannte zweiaxige) Glimmer erscheint stets in §. 418.
Tafeln oder Blättchen, welche sich parallel der Tafelfläche außerordentlich leicht und vollkommen spalten lassen, so daß man die dünnsten und glättesten Lamellen durch Spaltung erhalten kann. Der Glimmer hat die Dichte 2,8 — 3,1. Er ist milde, kann schon mit dem Fingernagel geritzt werden und besitzt in dünnen Blättchen einen hohen Grad von Elasticität. Er ist farblos oder blaß gefärbt, durchsichtig und zeigt auf den Spaltungsflächen einen metallartigen Perlmutterglanz, welcher Unkundige oft verleitet, in den kleinen Flitterchen des weißen und gelben Glimmers, wie sie im Sande und Sandsteine vorkommen, Silber und Gold zu ver-

Digitized by Google

muthen, und zu der Benennung Katzensilber oder Katzengold Veranlassung gegeben hat. Die Zusammensetzung des Glimmers steht der Formel

$$(KO + 2SiO_3) + (3Al_2O_3 + 2SiO_3)$$

am nächsten, nach dieser würde sie in Procenten sein:

Kieselsäure	48,0
Thonerde	39,8
Kali	12,2

Allein indem ein Theil des Kali's durch Eisenoxydul und Manganoxydul, ein Theil der Thonerde durch Eisenoxyd, Manganoxyd oder Chromoxyd ersetzt wird, indem überdies auf eine nicht gut zu deutende Weise etwas Wasser und Fluor in die Zusammensetzung eindringt, erhalten die Resultate der Analysen einzelner Glimmerarten eine große Mannichfaltigkeit.

Von Säuren wird der Glimmer nicht angegriffen. Der Verwitterung widersteht er sehr kräftig; die einzelnen Blättchen verlieren nicht einmal ihren Glanz.

Der Glimmer ist ein sehr verbreitetes Mineral; am selbstständigsten tritt er im Glimmerschiefer auf; in den Gneißen, Graniten und Syeniten ist er ein wesentlicher Gemengtheil.

---

3. Leicht zersetzbare Alkali-Thonerde-Silicate.

§. 419. Die leicht zersetzbaren Alkali-Thonerde-Silicate treten sowohl nach der Häufigkeit ihres Vorkommens in Gesteinen, als auch nach dem Mengenverhältniß gegen die schwer zersetzbaren Silicate zurück. Ihr Vorkommen ist auf die Gruppe der basaltischen und vulcanischen Gesteine beschränkt, deren oberflächliche Ausdehnung im Vergleich mit den Granit- und Porphyrgesteinen sehr klein ist. In den Gesteinen dieser Gruppe zeigen sie sich wohl an einzelnen Stellen als deutliche Ausscheidungen, der Hauptmasse sind sie aber so fein eingemengt, daß ihre Anwesenheit fast nur auf chemischem Wege ermittelt und aus ihrer leichten Zersetzbarkeit durch Säuren erschlossen werden kann.

Der Labradorfeldspath bildet einen Uebergang von der Gruppe der schwer zersetzbaren Alkali-Thonerde-Silicate zu derjenigen der leicht zersetzbaren. Die wichtigsten Gesteine der letzten Gruppe sind die Mesotype, Nephelin und Leucit.

§. 420. **Mesotype.** Die Mesotype oder Nadelzeolithe bilden säulenförmige bis nadelförmige Krystalle, welche sich häufig zu knolligen Hauf-

Digitized by Google

werken von radial oder ſtänglich faſeriger Textur vereinigend. Sie ſind farblos, ſchneeweiß oder gelblich, graulich und röthlich weiß, etwas weicher als die Feldſpathe und haben eine Dichte von 2,2 — 2,6. Sie enthalten chemiſch gebundenes Waſſer und zerfallen nach ihrer Zuſammenſetzung in die mineralogiſch verſchiedenen Arten, des Natroliths und Skolezits.

$$\text{Natrolith} = (NaO + SiO_3) + (Al_2O_3 + SiO_3) + 2\,Aq.$$
$$\text{Skolezit} = (CaO + SiO_3) + (Al_2O_3 + SiO_3) + 3\,Aq.$$

oder in Procenten:

	Natrolith.	Skolezit.
Kieſelſäure . . .	47,9	46,4
Thonerde	26,6	25,8
Natron	16,2	—
Kalkerde	—	14,3
Waſſer	9,3	13,5.

Anſtatt der Thonerde treten auch kleine Mengen von Eiſenoxyd ein. Beide Arten nähern ſich einander in der Weiſe, daß im Natrolith etwas Natron durch Kalkerde, im Skolezit etwas Kalkerde durch Natron erſetzt iſt. Ein Gemenge von beiden, in welchem der Gehalt an Natron und Kalkerde ungefähr gleich wird, iſt der Meſolith.

Die Meſotype werden durch Salzſäure ſehr leicht aufgelöſt, unter Abſcheidung einer Gallerte von Kieſelſäurehydrat. Sie finden ſich in den Blaſenräumen baſaltiſcher und phnolithiſcher Geſteine und machen den durch Salzſäure leicht zerſetzbaren Theil dieſer Geſteine aus.

Nephelin. Die Kryſtalle des Nephelins bilden kleine ſechsſeitige Säulen. Seine Härte iſt die des Feldſpathes oder etwas geringer; ſeine Dichte beträgt 2,58 — 2,64. Er iſt durchſichtig bis durchſcheinend, auf Kryſtallflächen glasglänzend, auf Bruchflächen fettglänzend. Seine chemiſche Zuſammenſetzung iſt: §. 421.

$$(2\left\{\begin{matrix}NaO\\KO\end{matrix}\right\} + SiO_3) + 2\,(Al_2O_3 + SiO_3)$$

oder in Procenten:

Kieſelſäure . .	44,7
Thonerde . . .	33,1
Natron	16,1
Kali	6,1;

Kalkerde und Eiſenoxyd vicariren in gewöhnlicher Weiſe.

Der Nephelin wird durch Salzſäure zerſetzt wie die Meſotype.

Er vertritt in den Baſalten mitunter die Stelle des Labradors und der Meſotype.

Leucit. Der Leucit erſcheint faſt nur kryſtalliſirt. Seine Kryſtalle haben im Ganzen eine kugelige Geſtalt, bei vollkommen freier Aus- §. 422.

Digitized by Google

bildung sind sie von 24 unregelmäßigen Vierecken umschlossen. Die Härte des Leucits ist etwas geringer als die des Feldspathes, seine Dichte ist 2,4 — 2,5. Er hat gewöhnlich graue Farben und ist wenig durchsichtig. Seine Zusammensetzung ist:

$$(3\ KO + 2\ SiO_3) + 3\ (Al_2O_3 + 2\ SiO_3)$$

oder in Procenten:

Kieselsäure . .	55,5
Thonerde . . .	23,2
Kali	21,3.

Im gepulverten Zustande wird er von Salzsäure vollständig zerlegt unter Abscheidung von pulveriger Kieselsäure.

Er kommt in basaltischen und besonders vulcanischen Gesteinen vor.

§. 423. **Verwitterung der leicht zersetzbaren Alkali-Thonerde-Silicate.** Ueber den Verlauf der Verwitterung, welcher die Mineralarten der eben beschriebenen Gruppe ausgesetzt sind, liegen keine Untersuchungen vor. Da sie übrigens durch Salzsäure so leicht angegriffen werden, so hat man Grund anzunehmen, daß auch die Kohlensäure des Regen- und Quellwassers im Stande sei, aus ihnen Alkalien aufzunehmen und daß überhaupt ihre Verwitterung rasch vor sich gehe. Damit stimmt die üppige Vegetation überein, welche sich unter sonst nicht ungünstigen Verhältnissen auf den Trümmern basaltischer und vulcanischer Gesteine entwickelt; sie setzt eine reichliche Zuführung namentlich von Alkalien voraus.

---

4. Alkalifreie Silicate der alkalischen Erden und der Thonerde.

§. 424. **Talk.** Der Talk erscheint fast nur in krummschalig stänglichen, körnig-blättrigen, schuppigen oder dichten Aggregaten. Die blättrigen Stücke lassen sich in einer Richtung sehr leicht spalten. Der Talk ist ausgezeichnet durch seine Weichheit und Milde: er läßt sich mit dem Fingernagel sehr leicht zerkratzen und fühlt sich fettig an. Er ist weiß, grau und grün, in dünnen Blättchen durchsichtig, theils perlmutter-, theils fettglänzend. Seine Dichte ist 2,68 — 2,75. Seiner Zusammensetzung entspricht die Formel:

$$6\ MgO + 5\ SiO_3,$$

diese verlangt in Procenten:

Kieselsäure . .	64,4
Talkerde . . .	35,6;

ein kleiner Theil der Talkerde ist aber stets durch Eisenoxydul ersetzt.

Digitized by Google

Von Säuren wird der Talk nicht zersetzt und kaum angegriffen. Auch der Verwitterung widersteht er sehr hartnäckig; an seiner Oberfläche erleidet er allmälig eine nur mechanische Störung.

Er bildet als Talkschiefer theils ganz selbstständig, theils mit wenig Quarz und Glimmer gemengt ausgedehnte Gebirgsmassen.

Staurolith. Der Staurolith zeigt sich stets in säulenförmigen Kry- §. 425.
stallen, welche parallel der breiten Seitenfläche spaltbar sind. Er ist immer braun gefärbt, kaum durchsichtig und glasglänzend. Seine Härte ist die des Quarzes, mitunter noch etwas bedeutender; seine Dichte 3,5. Er ist ein sehr basisches Thonerde- und Eisenoxydsilicat, entsprechend der Formel:

$$2\left\{\begin{matrix}Al_2O_3\\Fe_2O_3\end{matrix}\right\} + SiO_3.$$

Das gewöhnliche Verhältniß zwischen Thonerde und Eisenoxyd giebt die procentische Zusammensetzung:

Kieselsäure . .	31,0
Thonerde . .	51,4
Eisenoxyd . .	17,6.

Der Staurolith ist ein sehr gewöhnlicher und charakteristischer, wenn auch nicht wesentlicher Gemengtheil der Glimmerschiefer.

Schörl. Die Krystalle des Turmalins haben leicht kenntliche For- §. 426.
men; sie sind dreiseitige Säulen mit abgeschürften Kanten, welche häufig zu verworren-stänglichen und faserigen Massen vereinigt sind. Die allein häufig vorkommende Unterart des Turmalins, der gemeine Turmalin oder Schörl, ist schwarz, glasglänzend und undurchsichtig. Er ist etwas härter als Quarz und hat eine Dichte von 3—3,2. Für seine chemische Zusammensetzung hat sich noch keine allgemein gültige Formel aufstellen lassen. Er ist jedenfalls ein basisches Silicat, dessen Basen einerseits Thonerde, Eisenoxyd und Manganoxyd sind, andererseits Talkerde, Eisenoxydul, Manganoxydul, Kali, Natron und Lithion; außerdem enthält er auch Borsäure (3—4 %).

Salzsäure greift den Turmalin gar nicht an, Schwefelsäure wenig.

Er findet sich häufig als Gemengtheil in den Graniten, in deren Gebiete er mitunter auch selbstständig als Schörlfels auftritt.

Granat. Der Granat ist ein häufiger Gemengtheil der Granite, §. 427.
Gneiße, Glimmer-, Talk- und Hornblendeschiefer. Er findet sich in theils eingewachsenen, theils aufgewachsenen kugeligen Krystallkörnern, welche entweder von 24 Vierecken oder von 12 Rhomben umschlossen sind. Seine übrigen Eigenschaften sind innerhalb ziemlich weiter Grenzen veränderlich, wie seine Zusammensetzung sehr mannichfaltig ist. Trotz dieser Mannich-

Digitized by Google

faltigkeit ist aber das Schema der Zusammensetzung ein sehr einfaches, nämlich:

$$(3RO + SiO_3) + (R_2O_3 + SiO_3),$$

in welchem RO durch die Reihe der isomorphen Basen Kalkerde, Talkerde, Eisenoxydul und Manganoxydul, R_2O_3 durch Thonerde, Eisenoxyd und Manganoxyd vertreten wird. Die wegen der Häufigkeit ihres Vorkommens besonders zu beachtenden Unterarten sind der edle Granat und der gemeine Granat.

a. Edler Granat oder Almandin. Dieser ist carmoisin- bis braunroth, starkglänzend, durchsichtig bis durchscheinend. Er ist härter als Quarz; seine Dichte beträgt 4—4,3. In seiner Zusammensetzung herrschen Eisenoxydul und Thonerde vor.

b. Der gemeine Granat ist braun und nur durchscheinend bis undurchsichtig; seine Dichte beträgt nur 3,5—3,9. In seiner Zusammensetzung sind Kalkerde und Eisenoxyd vorherrschend.

	Procentische Zusammensetzung	
	eines edlen Granaten	eines gemeinen Granaten
Kieselsäure	39,6	36,7
Thonerde	19,3	2,8
Eisenoxyd	—	25,8
Kalkerde	3,3	21,8
Talkerde	2,0	12,4
Eisenoxydul	34,1	—
Manganoxydul	0,8	—
	99,1	99,5

Von concentrirter Salzsäure werden die Granaten nur unvollständig zersetzt.

§. 428. **Augit.** Der Augit oder Pyroxen bildet wie der Granat eine Reihe von Mineralien, welche nach demselben Schema zusammengesetzt sind. Dieses Schema ist:

$$3RO + 2SiO_3.$$

Das Zeichen RO bedeutet darin die isomorphen Basen Kalkerde, Talkerde, Eisenoxydul und Manganoxydul. Allein die durchsichtigen oder doch durchscheinenden reinen Augite (Diopsid, Salit), in welchen dieses Schema rein ausgeprägt ist, sind die weniger verbreiteten; diejenigen, welche als wesentliche Gemengtheile so ausgedehnten Felsarten wie dem Basalt, Me-

Digitized by Google

laphyr, Grünstein u. a. angehören, enthalten auch stets noch Thonerde bis zu 7 %. Unter ihnen müssen noch mehrere Unterarten unterschieden werden.

a. Der gemeine Augit erscheint gewöhnlich in eingewachsenen sechs- bis achtseitigen kurzen und breiten Säulen. Er ist schwarz und undurchsichtig; er hat die Härte des Feldspathes, oder eine etwas beträchtlichere, und die Dichte 3,3—3,4. Kalkerde, Talkerde und Eisenoxydul treten in ihm neben einander auf. Er findet sich besonders in den Basalten.

b. Der schillernde Augit kommt in derben, unvollkommen späthigen Massen vor, welche auf den Spaltungsflächen einen Perlmutterglanz und eigenthümlichen Lichtschein besitzen. Man unterscheidet Hypersthen, Bronzit und Diallag. Der erste ist schwarz, mit kupfrigem Metallschimmer; er hat die Härte des Feldspathes und die Dichte 3,4; als Base enthält er vorherrschend Talkerde, daneben Eisenoxydul. Der zweite ist braun mit gelblichem Metallschimmer; er ist weniger hart als Feldspath; seine Dichte ist 3,2—3,3; seine Zusammensetzung schließt sich an die des Hypersthens. Der dritte hat grauliche Farben und einen bräunlichen Metallschimmer; er ist noch weicher als der vorige und hat die Dichte 3,2; unter den Basen tritt in ihm die Kalkerde mehr hervor.

Die procentische Zusammensetzung der Augite ist beispielsweise aus folgenden Analysen zu ersehen:

	Kieselsäure	Thonerde	Kalkerde	Talkerde	Eisenoxydul u. Manganoxydul
Gemeiner Augit von der Rhön	50,1	6,7	18.7	15,7	7,5
Hypersthen, nordamerikanischer	58,3	2,0	—	19,0	20,7
Bronzit, von der Baste am Harz	56,8	2,1	2,2	29,7	9,0
Diallag, ebendaher . . .	53,7	2,8	17,1	17,6	7,5

Hornblende. Die Hornblende oder der Amphibol bietet Verhältnisse, welche denen des Augits sehr ähnlich sind; sie steht ihm auch hinsichtlich der Zusammensetzung sehr nahe, deren allgemeines Schema ist §. 429.

$$(RO + SiO_3) + (3RO + 2SiO_3),$$

so jedoch, daß RO meistens Kalkerde, seltener Eisenoxydul ist, 3RO meistens Talkerde, seltener Eisenoxydul oder Manganoxydul. Allein wie beim Augit, so haben auch hier die Unterarten, in welchen sich das

Digitized by Google

Schema der Zusammensetzung rein darbietet, nämlich Tremolit, Grammatit und Strahlstein, für die Gesteinslehre nur untergeordnete Bedeutung und die Unterarten, welche als wesentliche Gemengtheile von Felsarten und häufig vorkommen, enthalten Thonerde, die mit Basen verbunden, als eine mechanische Einmengung, gewissermaßen als eingeschlossene Mutterlauge anzusehen ist. Diese Unterarten sind die gemeine Hornblende und die basaltische Hornblende.

a. Die gemeine Hornblende erscheint gewöhnlich in derben, blättrig, strahlig oder körnig abgesonderten Massen; sie hat nahe die Härte des Feldspathes und die Dichte 3,0—3,4; sie ist schwarz oder grünlichschwarz, undurchsichtig, bis an den Kanten durchscheinend. Als wesentlicher Gemengtheil findet sie sich in den Syeniten und Grünsteinen, und für sich als Hornblendeschiefer.

b. Die basaltische Hornblende unterscheidet sich von der vorigen vorzüglich dadurch, daß sie in Krystallen mit gewöhnlich abgerundeten Kanten vorkommt. Die Krystalle haben die Dichte 3,1—3,2; sie sind schwarz und undurchsichtig. Ihr Muttergestein ist vorzüglich der Basalt.

Die procentische Zusammensetzung der Hornblende ergiebt sich beispielsweise aus folgenden Analysen:

	Kieselsäure	Thonerde	Kalkerde	Talkerde	Eisenoxydul u. Manganoxydul
Gemeine Hornblende aus Schweden	45,4	13,8	13,9	16,3	9,2
Basaltische Hornblende vom Vogelsgebirge in der Wetterau	42,2	13,9	12,2	13,7	14,9

§. 430. **Verwitterung von Augit und Hornblende.** Augit und Hornblende werden von concentrirter Salzsäure und Schwefelsäure zwar etwas angegriffen, aber nur sehr unvollkommen zerlegt.

Unter dem Einflusse der Atmosphäre verwittern beide; sie überziehen sich mit einer braunen oder gelben, matten, mürben Kruste, in welcher der Gehalt an Thonerde und Kieselsäure gegen den Gehalt an alkalischen Erden, aber auch der Gehalt an Thonerde gegen denjenigen an Kieselsäure zugenommen hat, während Wasser hinzugetreten ist. Nach guten Analysen besteht

Digitized by Google

aus	Kieselsäure	Thonerde	Eisenoxyd	Kalkerde	Talkerde	Wasser
der verwitterte Augit von Bilin in Böhmen . . .	60,6	23,1	4,2	1,3	1,0	9,1
die verwitterte Hornblende vom Wolfsberge bei Cernosin in Böhmen	37,0	16,5	25,6	8,2	3,7	8,3

Die Zersetzung, welche Augit und Hornblende bei der Verwitterung erleiden, besteht also darin, daß Kalkerde, Talkerde und ein Theil des Eisenoxyduls durch das kohlensäurehaltige Regenwasser als saure kohlensaure Salze ausgewaschen werden, zugleich mit Kieselsäurehydrat, und daß sich der andere Theil des Eisens höher oxydirt und der ungelöste Rückstand Wasser aufnimmt.

Chlorit. Der Chlorit hat in seinem Aussehen eine große Aehnlichkeit mit dem Talk. Er kommt fast nur in blättrigen oder schuppigen, leicht spaltbaren, perlmutterglänzenden Aggregaten vor; er ist milde, in dünnen Blättchen biegsam, nur mitunter etwas härter als Talk; seine Dichte ist 2,78—2,96; er hat stets eine grüne Farbe. Seine Zusammensetzung ist etwas verwickelt; am besten entspricht ihr die Formel: §. 431.

$$2\,(3\,MgO + SiO_3) + 3\,(Al_2O_3 + SiO_3) + 3\,(MgO + 3\,HO).$$

Danach enthält er in Procenten:

Kieselsäure . .	39,1
Thonerde . .	26,1
Talkerde . .	21,0
Wasser . . .	13,8.

Ein Theil der Thonerde ist aber stets durch Eisenoxyd vertreten.

Durch concentrirte Schwefelsäure wird der Chlorit vollständig zerlegt. Bei seiner Verwitterung verbleicht er und zerfällt.

Der Chlorit findet sich theils selbstständig, theils als Hauptbestandtheil im Chloritschiefer.

Serpentin. Der Serpentin kommt gewöhnlich derb vor. Er hat §. 432.
die Härte des Kalkspathes, so daß er von der Feile leicht angegriffen wird, seine Dichte ist 2,5—2,6. Die Formel seiner Zusammensetzung ist:

$$2\,(3\,MgO + SiO_3) + 3\,(MgO + 2\,HO),$$

wonach er in Procenten enthält:

Kieselsäure . .	45,7
Talkerde . .	40,9
Wasser . . .	13,4.

Digitized by Google

Ein Theil der Talkerde ist jedoch gewöhnlich durch Eisenoxydul ersetzt, dessen Menge bis zu 10 % zunimmt.

Durch Salzsäure und noch besser durch Schwefelsäure wird er unter Abscheidung von Kieselgallerte leicht zersetzt.

Der gemeine dunkelfarbige undurchsichtige Serpentin, mit splittrigem glanzlosen Bruche, bildet mächtige Bergmassen.

§. 433. **Olivin.** Der Olivin bildet meist säulenförmige Krystalle oder krystallinische Massen. Er ist härter als Feldspath, aber härter als Quarz; seine Dichte ist 3,3 — 3,5; seine Farbe ist gewöhnlich grün, aber auch gelb und braun; er besitzt Glasglanz und ist durchsichtig. Seine Zusammensetzung wird durch die Formel ausgedrückt:

$$3\,MgO + SiO_3;$$

sie ist in Procenten:

Kieselsäure . .	43,7
Talkerde . .	56,3.

Aber stets ist ein großer Theil der Talkerde durch Eisenoxydul ersetzt; in geringerer Menge treten Kalkerde und Manganoxydul auf.

Der Olivin wird zwar von Salzsäure wenig angegriffen, aber von Schwefelsäure unter Abscheidung von gallertigem Kieselsäurehydrat vollständig zersetzt.

Er findet sich sehr häufig in den Basalten eingewachsen.

---

5. Kohlensaure Salze.

§. 434. Die neutralen kohlensauren Salze der Kalkerde, Talkerde, des Eisenoxyduls und Manganoxyduls bilden eine der wohlbegründetsten natürlichen Familien, die durch gegenseitige Ersetzung fast völlig in einander übergehen, so daß die gewöhnlich aufgeführten Arten nicht sowohl die einzigen Stufen einer Reihe sind, als vielmehr die Hauptglieder einer Kette.

Die Glieder dieser Kette zeigen sich sehr häufig krystallisirt oder in krystallinischen Massen. Die Grundform der Krystalle ist bei allen ein Rhomboëder, d. h. eine Figur, umschlossen von 6 Parallelogrammen, die in zwei gegenüberliegenden Ecken unter gleichen Kanten und Flächenwinkeln zusammenstoßen. Nach den Flächen dieses Rhomboëders zeigt sich zugleich eine sehr vollkommene Spaltbarkeit; aber neben ihr treten noch sehr viele andere abgeleitete Gestalten auf, wie regelmäßige sechsseitige Säulen, sechsseitige Doppelpyramiden.

Die chemische Zusammensetzung der Hauptglieder und ihre chemischen

Digitized by Google

Eigenschaften sind bereits im zweiten Abschnitte erwähnt, so daß wir darauf verweisen können.

Kalkspath. Die neutrale kohlensaure Kalkerde (vergl. S. 317) heißt §. 435. als Mineral Kalkspath. Im ganz reinen krystallisirten Zustande ist dieser farblos, durchsichtig, glasglänzend; er hat die Dichte 2,72 und eine mittlere Härte, so daß er mit dem Messer leicht gekratzt und von der Feile leicht angegriffen wird. Gewöhnlich ist aber der Kalkspath weiß, oder graulich, blaulich, grünlich, gelblich, röthlich, bräunlich bis schwarz, und zugleich nicht vollkommen durchsichtig bis undurchsichtig. Als Stellvertreter für einen Theil der Kalkerde enthält er gewöhnlich etwas Talkerde, Eisenoxydul und Manganoxydul; beigemengt sind ihm häufig thonige Massen, welche bei der Auflösung in Salzsäure als Rückstand bleiben, oder organische Verwesungsproducte (Bitumen), welches dem durch Säuren aus ihm entwickelten Kohlensäuregas einen unangenehmen Geruch ertheilt.

Nach der Größe der Krystalle und nach der Art ihrer Aneinanderlagerung unterscheidet man:

a. Kalkspath im engeren Sinne. Dieser begreift alle frei und deutlich auskrystallisirten und solche Stücke, durch welche sich die Spaltungsflächen ununterbrochen fortsetzen.

b. Körniger, blättriger und faseriger Kalk werden unregelmäßige Anhäufungen noch deutlich an ihren Spaltungsflächen erkennbarer einzelner Krystalle genannt. Zu den körnigen Kalken gehört der ächte Marmor und viele Kalke des ältesten geschichteten Gebirges.

c. Der dichte Kalk mit splittrigem bis ebenem Bruche ist die wichtigste und verbreitetste Unterart; er ist der vorherrschende Bestandtheil des geschichteten Gebirges.

d. Erdiger Kalk. Die Kreide, welche vorzüglich hierzu gerechnet wird, besteht großentheils aus kalkigen Panzern mikroskopisch kleiner Thiere.

Arragonit — Dimorphismus. Die neutrale kohlensaure Kalkerde §. 436. findet sich, wiewohl verhältnißmäßig sehr selten, als Arragonit auch in unregelmäßig sechsseitigen Säulen, welche sich nach den Regeln der Krystallbildung nicht mit dem Rhomboëder der Kalkspathe vereinigen lassen, und welche überdies etwas härter und dichter (Dichte = 2,9—3) sind, als Kalkspath. Künstlich erhält man die kohlensaure Kalkerde bei niedriger Temperatur stets in der Form des Kalkspathes, bei höherer in der Form des Arragonits. Sie hat also die Fähigkeit, unter verschiedenen Nebenbedingungen in verschiedenen Formen, mit verschiedener Härte und Dichte zu erstarren; sie ist dimorph. Ein solcher Dimorphismus findet auch in anderen Fällen Statt, auf ihm beruht z. B. die wesentliche Formverschiedenheit von Orthoklas und Albit, in welchen beiden doch neben dem isomorphen Kali und Natron dieselben Bestandtheile in demselben Verhältnisse vorkommen.

Digitized by Google

Die kalkigen Absätze heißer kohlensaurer Quellen haben die Form des Arragonits.

§. 437. **Bitterspath.** Durch Aufnahme von viel Talkerde geht der Kalkspath über in Bitterspath, dessen sehr verbreitete Vorkommnisse in den Dolomiten Kalkerde und Talkerde, jedoch gewöhnlich in Aequivalentverhältnissen, enthalten und zwar am häufigsten als — $(CaO + CO) + (MgO + CO_2)$ — die Dolomite sind zuckerartig-körnige Krystallhaufwerke; ihre Härte und Dichte (2,8 — 2,9) ist bedeutender, als die des Kalkspathes.

§. 438. **Talkspath.** Die reine neutrale kohlensaure Talkerde (vergl S. 332) findet sich als reiner Talkspath nur höchst selten, in der Regel ist ein größerer Theil der Talkerde durch Eisenoxydul oder Manganoxydul ersetzt. Der Talkspath ist beträchtlich härter und dichter, als Kalkspath und auch als Bitterspath. Seine Dichte ist 2,9 — 3,1. Von Säuren wird er auch als Pulver fast nur in der Wärme gelöst.

§. 439. **Ankerit, Mesitinspath, Braunspath.** Sowohl der Kalkspath als auch der Talkspath bilden Uebergänge in den Eisenspath oder in das neutrale kohlensaure Eisenoxydul. Solche Uebergangsstufen sind z. B. für den ersten der Ankerit, für den zweiten der Mesitinspath, für beide zugleich der Braunspath; mit dem Eisenoxydulgehalte steigt die Dichte der Verbindung.

§. 440 **Eisenspath.** Auch das neutrale kohlensaure Eisenoxydul (vergl. S. 360) zeigt sich im reinen Eisenspath nur sehr selten ohne Gehalt an isomorphen Basen, unter denen besonders Manganoxydul und Talkerde häufig und reichlich auftreten. Die Härte des gewöhlichen Eisenspathes ist diejenige des Talkspathes, seine Dichte aber bedeutender, nämlich 3,7 — 3,9.

Der Eisenspath zerfällt in folgende wichtige Unterarten.

a. Spatheisenstein. Dieser ist blättrig bis körnig; er findet sich gang- und lagerweise vorzüglich im Gneiß, Granit und Thonschiefer und wird auf Eisen verarbeitet.

b. Sphärosiderit. Dieser bildet traubige Knollen von strahliger bis dichter Beschaffenheit. Der reine strahlige Sphärosiderit findet sich eingewachsen in den Basalten, der mit Thon gemengte dichte in der Steinkohlenformation; dieser letzte, der thonige Sphärosiderit ist das Material der Eisenarbeiten Englands.

§. 441. **Verwitterung der kohlensauren Salze.** Die Verwitterung der beschriebenen kohlensauren Salze beruht auf zwei sehr einfachen chemischen Processen.

Das kohlensäurehaltige Regen- und Quellwasser löst sie als saure Salze auf, besondes reichlich die Kalkerde, daher alle Quellen, die in ausgedehnten Kalkgebieten entspringen, sogenanntes hartes Wasser führen und beim Kochen einen Absatz von Kalk geben.

Digitized by Google

Das Eisenoxydul und Manganoxydul oxydirt sich aber noch leichter, als es sich auflöst; es verwandelt sich in Oxydhydrat. Daher werden eisenoxydulhaltige Kalksteine mit der Zeit bräunlich, indem ihr Eisenoxydulgehalt in eine Eisenrostmasse übergeführt wird. Der Braunspath hat von dieser Eigenschaft seinen Namen.

6. Gips.

§. 442. Das einzige schwefelsaure Salz, welches weiter verbreitet ist, in den Bau der Gebirge mit eingeht und daher dem Boden eine besondere Eigenthümlichkeit ertheilen kann, ist die wasserhaltige, neutrale, schwefelsaure Kalkerde, der Gips, dessen chemische Zusammensetzung und Eigenschaften in §. 241 angegeben sind.

Er ist häufig krystallisirt; seine Krystalle stellen theils Säulen, theils Tafeln dar; in der Richtung der Tafelfläche ist er sehr vollkommen spaltbar. Er ist milde, in dünnen Blättchen biegsam, weicher als Kalkspath, aber härter als Talk und Chlorit. Mit dem Messer kann er sehr leicht geritzt werden, von der Feile wird er stark angegriffen. Der Gips ist farblos, weiß, grau, gelb und roth, durchsichtig bis undurchsichtig; auf der vollkommenen Spaltungsfläche perlmutterglänzend. Gewöhnlich findet sich der Gips in blättrigen, körnigen bis dichten oder faserigen Aggregaten.

Seine Verwitterung beruht auf einer einfachen Auswaschung durch Regen- und Quellwasser.

Der Gips ist im geschichteten Gebirge sehr verbreitet. In landwirthschaftlicher Beziehung hat er als leicht lösliches Salz, welches zugleich als Quelle von Schwefel und Kalkerde, also von zwei für den Pflanzenorganismus sehr wichtigen Elementen dienen kann, eine große Bedeutung.

Nur selten findet sich wasserleere schwefelsaure Kalkerde als Anhydrit.

7. Flußspath.

§. 443. Der Flußspath findet sich theils krystallisirt, theils in grobkörnigen oder stänglichen Aggregaten und auch erdig. Seine Krystalle haben gewöhnlich Würfelform und sind in der Richtung derjenigen Flächen sehr leicht und vollkommen spaltbar, durch welche die Würfelecken regelmäßig abgestumpft werden. Der Flußspath ist härter als Kalkspath, aber weicher als Feldspath; er hat die Dichte 3,1 — 3,2. Er findet sich farblos und gefärbt, durchsichtig

Digitized by Google

bis undurchsichtig und zeigt Glasglanz. Er besteht aus Fluorcalcium (vergl. §. 190 u. 191) und ist bei der Verbreitung und Häufigkeit seines Vorkommens wahrscheinlich die Quelle des Fluorgehaltes der organischen Stoffe. Ein solcher hat sich allerdings in den Pflanzen, d. h. in ihrer Asche, noch nicht auffinden lassen; indem sich das Fluor während der Veraschung verflüchtigt. Im thierischen Organismus ist dagegen Fluor als wesentlicher Bestandtheil aller Knochen und knochenähnlichen Gebilde leicht nachzuweisen. Da nun das Trinkwasser keine nachweisbaren Spuren von Fluorverbindungen enthält, so müssen sie aus dem Boden durch die Pflanzenwelt in die Thierwelt übergeführt worden sein.

Der Flußspath findet sich im Gneiße und Granit, in den geschichteten Kalkgebirgen, im Porphyre u. s. f.

8. Steinsalz.

§. 444. Das Steinsalz ist das natürlich vorkommende Chlornatrium. Zu der im §. 225 gegebenen Beschreibung haben wir nur noch hinzuzufügen, daß es in würfelförmigen Krystallen vorkommt, welche sich parallel den Würfelflächen sehr vollkommen spalten lassen, die Härte des Gypses haben, glasglänzend, wasserhell, aber auch grau, gelb, roth, selten blau sind.

Diese für die Ernährung von Pflanzen und Thieren höchst wichtige Verbindung ist außerordentlich verbreitet. Theils rein, theils mit Thon und Anhydrit gemengt, bildet es mächtige Lager im geschichteten Gebirge; in manchen Gegenden ist der Boden davon so durchdrungen, daß es in der heißen Jahreszeit als Ausblühung den Boden, wie mit Schnee, überzieht, so in den Steppen am kaspischen Meere und in Chile.

9. Eisenerze.

§. 445. Unter den Eisenerzen sind das Rotheisenerz, Brauneisenerz und Magneteisenerz, der Schwefelkies und Magnetkies theils als selbstständige Gebirgsmassen, theils als häufige Gemengtheile anderer weit verbreiteter Felsarten von Wichtigkeit.

§. 446. **Rotheisenerz.** Das Rotheisenerz ist das natürlich vorkommende Eisenoxyd (vergl. §. 290). Es zeigt sich unter äußerlich sehr verschiedenen Formen, giebt aber immer ein rothes Pulver.

a. Eisenglanz. Diese Unterart umfaßt alle deutlich krystallisirten

Vorkommnisse des Rotheisenerzes; sie sind spröde, theils etwas weicher, theils etwas härter als Feldspath, eisenschwarz bis stahlgrau, metallisch glänzend, undurchsichtig, und oft bunt angelaufen. Die Dichte des Eisenglanzes ist 5,1 — 5,3.

Er findet sich besonders in den krystallinischen Schiefergesteinen in Gneiß und Glimmerschiefer.

b. Gemeines Rotheisenerz. An dieser Unterart ist keine deutliche Krystallisation wahrzunehmen. Die zu ihr gehörigen Erze haben eine geringere Härte und Dichte, als der Eisenglanz. Sie sind theils traubig faserige, auch schuppige, blutrothe bis röthlichstahlgraue Massen, und heißen dann rother Glaskopf, theils sind sie völlig dicht, theils erdig und abfärbend. Die letzten Abarten sind häufig mit Thon innig gemengt und bilden dann den thonigen Rotheisenstein.

Der gemeine Rotheisenstein ist weiter verbreitet, als der Eisenglanz, er findet sich gang- und lagerweise vielen Gebirgsarten untergeordnet.

Brauneisenerz. Die Brauneisenerze, d. i. die natürlichen Eisen- §. 447.
oxydhydrate, zerfallen nach ihrer chemischen Zusammensetzung in zwei Abtheilungen, von denen die eine der Formel — $Fe_2O_3 + HO$ — entspricht, die andere der Formel — $2Fe_2O_3 + 3HO$ — (vergl. §. 240), die sich aber weder durch ihre Härte, noch durch ihre Dichte, oder eine andere deutlich hervortretende Eigenschaft bestimmt von einander unterscheiden lassen. Ihre Dichte schwankt von 3,4 — 4,2. Alle haben braune Farben, sind undurchsichtig und geben ein gelbbraunes Pulver. Fast nie fehlt ihnen Manganoxyd und Kieselsäure.

Nur von denen, die zur ersten Abtheilung gehören, sind einige, die Nadeleisenerze, krystallisirt; die anderen dazu gehörigen Brauneisensteine bilden theils schuppige oder faserige Knollen, die Lepidokrokite, theils derbe eingewachsene oder stalaktitische Massen, die Stilpnosiderite.

Zur zweiten Abtheilung gehört der traubige und knollige, faserige braune Glaskopf, das dichte und erdige Brauneisenerz; die letzten beiden gehen durch Aufnahme von Thon in thonigen Brauneisenstein über.

Die krystallinischen und faserigen Brauneisenerze finden sich besonders den Grünsteinen und Porphyren untergeordnet, die dichten und erdigen Brauneisensteine häufig auf Lagern im geschichteten Gebirge.

Magneteisenerz. Weniger reichlich als das Roth- und Brauneisenerz, §. 448.
obgleich sehr häufig, findet sich das Magneteisenerz. Es bildet zwar auch für sich mächtige Lager, ist aber vorzüglich als Gemengtheil der Talkschiefer, Hornblendeschiefer, Grünsteine und Basalte verbreitet. Meistens erscheint es in körnigen bis dichten Aggregaten, aber auch häufig in Krystallen, welche die Form eines Achtflächeners haben, oder die von 12 Rhom-

Digitized by Google

ben umschlossene, beim Granat beschriebene. Das Magneteisenerz hat die Härte des Feldspathes, jedoch auch bald etwas mehr, bald etwas weniger, und die Dichte 4,9 — 5,2; es ist schwarz, schwach metallglänzend und undurchsichtig. Es hat die in §. 291 angegebene Zusammensetzung und zeichnet sich durch seine magnetischen Eigenschaften aus.

§. 449. **Blau- und Grüneisenerz.** Unter den Namen Blau- und Grüneisenerz vereinigen wir die unter mannichfachen Verhältnissen des Vorkommens und Aussehens auftretenden Verbindungen der Eisenoxyde mit Phosphorsäure und Wasser.

a. Das Blaueisenerz findet sich entweder in stänglich-krystallinischen bis faserigen Massen oder erdig. Es hat die Härte des Gipses und die Dichte 2,6—2,7. Gewöhnlich und bei längerem Liegen an der Luft stets ist es blau gefärbt; auf der Lagerstätte ist jedoch manches, namentlich erdiges Blaueisenerz noch farblos und wird erst an der Luft blau. Die ursprüngliche Zusammensetzung des Blaueisenerzes, d. h. diejenige des farblosen erdigen, ist wasserhaltiges neutrales cphosphorsaures Eisenoxydul

$$3\,FeO + PO^5 + 8\,Aq.;$$

es enthält also in Procenten:

Eisenoxydul .	42,4
Phosphorsäure	28,7
Wasser . . .	28,9.

An der Luft nimmt es, indem es sich blau färbt, Sauerstoff auf, so daß ein Theil des Eisenoxyduls in Eisenoxyd übergeht und verliert einen Theil seines Wassers.

Das strahlige und faserige Blaueisenerz findet sich als Begleiter anderer Eisenerze, das erdige ist als Verwesungsproduct von Pflanzen häufig im aufgeschwemmten Lande, namentlich im Thon und Torf.

b. Das Grüneisenerz zeigt sich in kugeligen und traubigen Massen von faseriger Zusammensetzung. Es hat die Dichte 3,3 — 3,4, und ist stets schmutzig grün gefärbt. Es ist wasserhaltiges phosphorsaures Eisenoxyd und findet sich wie das strahlige und faserige Blaueisenerz in Begleitung anderer Eisenerze.

Die Blau- nnd Grüneisenerze, wenigstens die ersten, sind die verbreitetsten Mineralien, in denen sich Phosphorsäure findet, und welche als Bodenbestandtheile eine Quelle des Phosphors für die Pflanzen sein könnten. Sie haben in dieser Beziehung eine große Wichtigkeit.

§. 450. **Schwefelkies.** Eins der am allgemeinsten verbreiteten metallischen Mineralien ist das Zweifach-Schwefeleisen (vergl. §. 298) in seinem Vorkommen als Schwefelkies, Eisenkies oder Pyrit.

Der Schwefelkies erscheint zwar gewöhnlich derb und eingesprengt, aber auch häufig in deutlichen Krystallen, gewöhnlich von Würfelform, mit-

Digitized by Google

unter in organischen Formen; er ist spröde und so hart, daß er am Stahle Funken giebt; seine Dichte ist 4,9 — 5,1. Er hat eine ausgezeichnet gelbe Farbe und Metallglanz. Dem Verwittern ist er wenig ausgesetzt; er läuft an der Luft braun an. Doch finden sich viele Brauneisensteine in den Krystallformen des Schwefelkieses, die offenbar durch Verwitterung aus ihm entstanden sind.

Wasserkies. Das Zweifach-Schwefeleisen ist eine dimorphe Verbin- §. 451.
dung. In den jüngern geschichteten Gebirgen findet es sich häufig als Wasserkies, Speerkies, Strahlkies oder Markasit mit Eigenschaften, die von denen des Schwefelkieses sehr abweichen.

Der Wasserkies zeigt sich theils in Krystallen, die dann gewöhnlich zu traubigen stalaktitischen oder knolligen Gruppen vereinigt sind, theils in faserigen bis dichten Massen. Er besitzt zwar die Härte und Sprödigkeit des Schwefelkieses, aber eine etwas geringere Dichte (4,6 — 4,9). Seine Farbe ist gelblichgrau, sein Glanz metallisch; er läuft aber sehr leicht an und zerfällt, indem er sich oxydirt. Diese Eigenschaft rührt wahrscheinlich von einem geringen Gehalte an Einfach-Schwefeleisen her, welches sehr leicht zersetzbar ist.

Magnetkies. Auch das dem Eisenoxydoxyd entsprechende Eisensul- §. 452.
phürsulphid, der Magnetkies (vergl. §. 298), findet sich häufig, wenn auch nicht reichlich, besonders als Gemengtheil der Grünsteine.

Der Magnetkies kommt meistens in körnigen oder dichten Massen vor. Er ist nur etwas härter als Kalkspath; seine Dichte ist 4,4 — 4,7; er ist metallischglänzend, gelblichroth, gewöhnlich aber braun angelaufen; von Magneten wird er angezogen.

Schlußbemerkung zur landwirthschaftlichen Mineralogie. In- §. 453.
dem wir in diesem letzten Abschnitte alle Mineralspecies, welche entweder wesentliche, oder wenigstens charakteristische Gemengtheile von Gebirgsarten ausmachen, aber auch nur diese beschrieben haben, ist es ganz allein unser Zweck gewesen, damit die nothwendige und ausreichende Grundlage der Gesteinslehre und Bodenkunde zu gewinnen.

Die Merkmale, deren wir uns stets bei der Unterscheidung der einzelnen Arten bedient haben, sind Härte, Dichte und chemische Zusammensetzung und diese sind in der That sehr leicht zu beobachten.

Bei der Schätzung der Härte eines Minerals haben wir die Härte gewisser Mineralien, nämlich des Quarzes, Feldspathes, Kalkspathes und Gipses, die man sich leicht und um ein Billiges verschaffen kann, als feste Stufen angenommen. Ob aber ein Mineral weicher oder härter sei, als ein anderes, beurtheilt man einfach danach, ob es vom anderen geritzt

Digitized by Google

werde, oder ob es das andere zu ritzen vermag; das ritzende Mineral ist härter, als das geritzte. Bei derartigen Versuchen führt man mit mäßigem Drucke, so daß kein Zersplittern stattfindet, eine scharfe Kante des einen Minerals über eine möglichst ebene Fläche des anderen. Das Kratzen mit dem Fingernagel, mit einer Messerspitze, das Probiren mit der Feile können nachher noch zur Vergleichung angewandt werden, für sich geben sie zu unbestimmte Resultate.

Die Dichte eines Minerals wird auf die in §. 30—33 beschriebene Weise untersucht.

Zur Kenntniß der chemischen Zusammensetzung führen die im dritten Abschnitte gegebenen Regeln.

In den meisten Fällen sind diese drei Merkmale zur Unterscheidung ausreichend, in anderen Fällen muß noch die Art der Spaltbarkeit und des Bruches, Farbe, Glanz und Durchsichtigkeit hinzugenommen werden, und mitunter ist eines der letztgenannten Merkmale zur Erkennung vorzüglich geeignet.

Die Krystallgestalten haben wir blos da beschrieben, wo sie sich auf leicht aufzufassende allgemeine Aehnlichkeiten beziehen lassen. Wir konnten dies, da wir die Mineralogie blos als Hülfsmittel für einen anderen Zweck, blos in Beziehung auf eine bestimmte Anwendung behandelt haben. Wer hingegen die Mineralien für sich zum Gegenstande der Betrachtung macht, muß die Untersuchung der Krystallgestalten, die krystallographischen Kennzeichen der Mineralien neben ihrer chemischen Zusammensetzung zum Ausgangspunkte nehmen. Diese Untersuchung hat aber ihre eigenthümlichen Schwierigkeiten, sie erfordert mancherlei mathematische Kenntnisse, deren Entwickelung uns vom eigentlichen Zwecke des Buches zu weit abgezogen haben würde. Wir haben deshalb um so mehr den Umfang unserer mineralogischen Betrachtung auf den möglichst engen beschränkt.

Digitized by Google

I.

Tabelle

über

das Verhalten der wichtigsten Basen gegen Reagentien.

Digitized by Google

	Schwefelwasserstoff.	Schwefelammonium.	Kali.	Ammoniak.
Kali	0.	0.	0.	0.
Natron	0.	0.	0.	0.
Ammoniak- oder eigentlich Ammoniumoxyd	0.	0.	0.	0.
Baryterde	0.	0. (Phosphorsaure Baryterde wird gefällt.)	Weiß, voluminös, in Wasser löslich, daher nur aus concentrirten Lösungen.	0. (Phosphorsaure Baryterde wird gefällt.)
Kalkerde	0.	(Phosphorsaure Kalkerde wird gefällt.)	Weiß, voluminös, in Wasser löslich, daher nur aus concentrirten Lösungen.	0. (Phosphorsaure Kalkerde wird gefällt.)
Talkerde	0.	0. (Phosphorsaure Talkerde wird gefällt.)	Weiß, voluminös, in Chlorammonium löslich.	Weiß, voluminös, in Ammoniaksalzen löslich, daher aus neutralen Lösungen unvollständig, aus sehr sauren gar nicht. (Phosphorsaure Talkerde wird gefällt.)

Digitized by Google

Kohlensaures Ammoniak.		
0.	1. **Platinchlorid** gelb krystallinisch, löslich in Wasser und verdünnten Säuren wenig, in den Alkalien bei Erwärmung leicht, in Alkohol nicht — aus sehr verdünnten Lösungen langsam, oder erst nach Umrühren und Zusetzen von Alkohol. 2. **Weinsteinsäure im Ueberschuß** weiß krystallinisch, löslich in Wasser schwer, in Säuren und Alkalien leicht, in Alkohol nicht — aus verdünnten Lösungen wenig oder erst nach Umrühren und Zusetzen von Alkohol. 3. Antimonsaures Kali nicht.	Die **Kalisalze** (vergl. §. 201 und 203) sind in Wasser sämmtlich und mit wenigen Ausnahmen leicht löslich. Die Lösungen der neutralen Salze mit Ausnahme der kohlensauren, phosphorsauren, borsauren ꝛc. reagiren neutral; diejenigen der basischen, einiger neutralen und sauren alkalisch.
0.	1. Platinchlorid nicht. 2. Weinsteinsäure nicht. 3. **Antimonsaures Kali** weiß krystallinisch, löslich in Wasser sehr wenig, in kohlensaurem Kali leichter, durch Säuren zersetzbar unter Abscheidung von Antimonsäurehydrat — aus verdünnten Lösungen langsam oder erst nach Umrühren.	Die **Natronsalze** (vergl. §. 214 u. 216) sind in Wasser sämmtlich und mit sehr wenigen Ausnahmen leicht löslich. Die Lösungen der neutralen Salze mit Ausnahme der kohlensauren, phosphorsauren, borsauren ꝛc. reagiren neutral; diejenigen der basischen, einiger neutralen und sauren alkalisch.
0.	1. **Platinchlorid** gelb krystallinisch, löslich in Wasser schwer, in den Alkalien bei Erwärmung leicht, im Alkohol nicht — aus verdünnten Lösungen langsam oder erst nach Umrühren und Zusetzen von Alkohol. 2. Weinsteinsäure weiß krystallinisch, löslich in Wasser ziemlich leicht, deshalb nur aus concentrirten Lösungen. 3. Antimonsaures Kali nicht.	Die **Ammoniak-** oder eigentlich **Ammoniumoxydsalze** (vergl. §. 145 und 228) sind in Wasser sämmtlich und mit wenigen Ausnahmen leicht löslich. Die Lösungen der neutralen Salze, mit Ausnahme der kohlensauren, phosphorsauren, borsauren ꝛc. reagiren neutral; diejenigen der basischen, einiger neutralen und sauren alkalisch, jedoch nur vorübergehend. **Auf Zusatz von Kali entweicht aus allen Ammoniaksalzen Ammoniakgas,** welches stechend riecht, nasses Curcumapapier braun färbt und an einem mit Salzsäure befeuchteten Glasstäbchen weiße Nebel bildet.
Weiß, flockig, löslich in Chlorammonium.	1. **Schwefelsäure weiß pulverig, in Wasser und Säuren völlig unlöslich** — auch aus sehr verdünnten und sehr sauren Lösungen. 2. Phosphorsaures Natron weiß voluminös, in Säuren sehr leicht löslich. 3. Oxalsaures Kali weiß pulverig, in Säuren sehr leicht löslich.	Die meisten **Salze der Barynerde** (vergl. §. 250) sind in Wasser schwer oder nicht, in verdünnter Salz- oder Salpetersäure leicht löslich, nur die schwefelsaure Barynerde löst sich nicht. Die wässerigen Lösungen der neutralen Salze reagiren neutral.
Weiß, flockig, löslich in Chlorammonium.	1. **Schwefelsäure weiß fein krystallinisch,** in Wasser schwer löslich, in Säuren leicht, in Alkohol nicht — aus verdünnten oder sauren Lösungen erst auf Zusatz von Alkohol. 2. Phosphorsaures Natron weiß voluminös, leicht löslich in Säuren. 3. **Oxalsaures Kali** weiß pulverig, in Säuren ziemlich schwer löslich — auch aus sehr verdünnten und sauren Lösungen, dann aber langsam.	Die meisten **Salze der Kalkerde** (vergl. §. 236 und 237) sind in Wasser schwer oder nicht löslich; in Säuren lösen sie sich leicht. Die wässerigen Lösungen der neutralen Kalkerdesalze reagiren neutral.
0. Nach längerem Sieden entsteht eine weiße Trübung.	1. Schwefelsäure nicht. 2. **Phosphorsaures Natron** weiß, aber sehr unvollständig, dagegen **auf Zusatz von Ammoniak** weiß, körnig-krystallinisch, löslich in ammoniakhaltigem Wasser fast gar nicht, in Wasser schwer, in Säuren leicht — aus verdünnten Lösungen langsam oder erst nach Umrühren. 3. Oxalsaures Kali nicht.	Die **Talkerdesalze** (vergl. §. 244) sind in Wasser meistens leicht löslich, in Säuren sämmtlich. Die wässerigen der neutralen Salze reagiren neutral.

Digitized by Google

	Schwefelwasserstoff.	Schwefelammonium.	Kali.	Ammoniak.
Thonerde	0.	Weiß, voluminös, in Kali löslich.	Weiß, voluminös, **im Uebermaße leicht löslich.** Aus dieser Lösung durch Ammoniaksalze fällbar.	Weiß, voluminös, in Kali löslich.
Chromoxyd	0.	Bläulichgrün, voluminös, in kohlensaurem Ammoniak langsam löslich.	Bläulichgrün, voluminös, **im Uebermaße mit grüner Farbe löslich, aus dieser Lösung durch Sieden völlig fällbar.**	Bläulichgrün, voluminös, im Uebermaß mit blaurother Farbe jedoch wenig löslich.
Manganoxydul	0.	Röthlichweiß, flockig, bisweilen rein weiß, in Säuren leicht löslich.	Weiß, voluminös, in Chlorammonium löslich; an der Luft durch Oxydation braun werdend, und dann in Chlorammonium nicht mehr vollständig löslich.	Weiß, voluminös, in Ammoniaksalzen löslich, daher aus neutralen Lösungen unvollständig, aus sehr sauren gar nicht; an der Luft durch Oxydation braun werdend, und dann in Chlorammonium unvollständig löslich.
Eisenoxydul	0.	Schwarz, flockig, in Säuren leicht löslich.	Weiß, voluminös, in Chlorammonium etwas löslich; an der Luft durch Oxydation **bald graugrün und braun werdend.**	Weiß, voluminös, in Chlorammonium etwas löslich; an der Luft durch Oxydation **bald graugrün und braun werdend.**
Eisenoxyd	0. Die milchige Trübung rührt von ausgeschiedenem Schwefel her.	Schwarz, flockig, in Säuren leicht löslich, unter Abscheidung von etwas Schwefel.	Braun, voluminös.	Braun, voluminös.
Kobaltoxydul	0.	Schwarz, flockig, in verdünnten Säuren wenig, in concentrirten leicht löslich.	Blau, voluminös, an der Luft graugrün und violett werdend, in Ammoniak und Ammoniaksalzen mit rother Farbe löslich.	Blau, voluminös, an der Luft roth, dann grün und braun werdend, **im Uebermaße und in Ammoniaksalzen mit rother oder brauner Farbe löslich.**
Nickeloxydul	0.	Schwarz, flockig, in verdünnten Säuren sehr wenig, in concentrirten leicht löslich.	Grün, voluminös, in vielem Ammoniak u. in Ammoniaksalzen löslich.	Grün, unvollständig, **im Uebermaße mit blauer Farbe leicht löslich.**
Zinkoxyd	0.	Weiß, flockig, in Säuren leicht löslich.	Weiß, voluminös, **im Uebermaße leicht löslich.**	Weiß, voluminös, **im Uebermaße sehr leicht löslich.** Nur aus neutralen Lösungen.

Digitized by Google

Kohlensaures Ammoniak.		
Weiß, voluminös, in Kali löslich.	1. Auf Zusatz von Schwefelsäure und zugleich Kali, jedoch mit Vorwalten der Säure, bilden sich in kurzer Zeit Alaunkrystalle. 2. Phosphorsaures Natron weiß, voluminös, in Säuren und in Kali leicht löslich.	Die **Thonerdesalze** (vergl. §. 264) sind in Wasser meistens und leicht löslich. Die wässerigen Lösungen der neutralen Thonerdesalze reagiren sauer.
Bläulichgrün, voluminös, im Uebermaße mit bläulichrother Farbe schwer löslich.	1. Phosphorsaures Natron hellgrün, in Säuren und in Kali leicht löslich. 2. Chromsaures Kali braungelb, in Säuren leicht löslich.	Die **Chromoxydsalze** (vergl. §. 345) sind grun oder blau. Viele sind in Wasser, alle in Salzsäure löslich. Die wässerigen Lösungen auch der neutralen Salze reagiren sauer; sie haben die Farbe der Salze.
Weiß, flockig, dann pulverig, in Chlorammonium wenig löslich.	1. Phosphorsaures Natron weiß, in Säuren leicht löslich. 2. Oxalsaures Kali weiß, krystallinisch, in Wasser fast gar nicht, in Ammoniaksalzen und in Sauren leicht löslich. 3. Kaliumeisencyanur weiß, in vieler verdunnter Salzsäure löslich.	Die Salze des **Manganoxyduls** (vergl. §. 277) sind blaßroth oder farblos, im Wasser meistens farblos loslich. Die wässerigen Lösungen der neutralen Salze reagiren neutral.
Weiß, flockig, in Chlorammonium etwas löslich; an der Luft durch Oxydation **bald graugrün und braun werdend.**	1. Phosphorsaures Natron voluminös weiß, in Säuren leicht loslich. 2. Oxalsaures Kali gelb krystallinisch; in vieler Salzsäure loslich. 3. **Kaliumeisencyanür bläulichweiß, bald dunkelblau werdend.**	Die **Eisenoxydulsalze** (vergl. §. 289) sind farblos oder blaßgrünlich blau, in Wasser nicht leicht loslich. Ihre Lösungen reagiren sauer. An der Luft gehen sie leicht durch Sauerstoff-Absorption unter Abscheidung von basischen Eisenoxydsalzen in Lösungen von Eisenoxydoxydul über.
Braun, voluminös.	1. Phosphorsaures Natron voluminös weiß, in Säuren leicht, in Ammoniak schwer loslich. 2. Oxalsaures Kali nicht. 3. **Kaliumeisencyanür** dunkelblau, in kohlensaurem Ammoniak loslich.	Die **Eisenoxydsalze** (vergl. §. 290) sind wasserleer farblos, wasserhaltig gelbbraun. Die neutralen und sauren Salze sind in Wasser meistens loslich. Die Lösungen sind gelb bis braun, und reagiren sauer.
Blaulichroth, voluminös, im Uebermaße mit blaulichrother Farbe löslich.	1. Phosphorsaures Natron blau voluminös, in Säuren und in Ammoniak leicht loslich. 2. Oxalsaures Kali blaßroth, pulverig, in Ammoniak leicht loslich. 3. Kaliumeisencyanur grunlichblau oder grau.	Die **Kobaltoxydulsalze** (vergl. §. 301) sind roth, in Wasser meistens mit rother Farbe loslich. Die Lösungen auch der neutralen Salze reagiren sauer.
Grün, voluminös, im Uebermaße mit grunblauer Farbe leicht löslich.	1. Phosphorsaures Natron grünlichweiß, in Säuren und in Ammoniak leicht loslich. 2. Oxalsaures Kali blaßgrün, sehr unvollständig. 3. Kaliumeisencyanur hellgrün.	Die **Nickeloxydulsalze** (vergl. §. 304) sind im wasserleeren Zustande gelb, im wasserhaltenden grun, in Wasser meistens loslich mit blaugruner Farbe. Die Lösungen reagiren sauer.
Weiß, voluminös, im Uebermaße loslich.	1. Phosphorsaures Natron weiß, in Säuren und Alkalien leicht loslich. 2. Oxalsaures Kali weiß pulverig, in Säuren und Alkalien loslich. 3. Kaliumeisencyanur weiß.	Die **Zinkoxydsalze** (vergl. §. 307) sind farblos, in Wasser meistens loslich. Die Lösungen reagiren sauer.

Digitized by Google

	Schwefelwasserstoff.	Schwefelammonium.	Kali.	Ammoniak.
Cadmiumoxyd	Gelb, in concentrirter Salzsäure löslich.	Gelb, in concentrirter Salzsäure löslich.	Weiß, voluminös, in Chlorammonium löslich.	Weiß, voluminös, im Uebermaße löslich.
Bleioxyd	Schwarz, flockig, nur in concentrirter Salpetersäure oder Salzsäure löslich — aus sehr concentrirten und sauren Lösungen, besonders des schwefelsauren und phosphorsauren Salzes gar nicht.	Schwarz, flockig, nur in concentrirter Salpetersäure oder Salzsäure löslich.	Weiß, **voluminös, im Uebermaße löslich.**	Weiß, voluminös, in Kali löslich.
Wismuthoxyd	Schwarz, flockig, nur in concentrirten Säuren löslich — aus sehr concentrirten oder sauren Lösungen unvollständig.	Schwarz, flockig, löslich nur in concentrirter Salpeter- oder Salzsäure.	Weiß, voluminös, beim Kochen gelblich.	Weiß, voluminös.
Kupferoxyd	Schwarz, flockig, in concentrirter Salpetersäure und Salzsäure nur wenig löslich.	Schwarz, flockig, in concentrirter Salpetersäure und Salzsäure nur wenig löslich.	Blau, voluminös, beim Kochen schwarz, flockig werdend, in Ammoniak mit schön blauer Farbe löslich.	Blau, voluminös, **im Uebermaße mit schön blauer Farbe sehr leicht löslich.**
Silberoxyd	Schwarz, flockig, auch in concentrirter Salpetersäure nur wenig löslich.	Schwarz, flockig, auch in concentrirter Salpetersäure nur wenig löslich.	Braun, flockig, in Ammoniak leicht löslich.	0. Nur aus concentrirten und neutralen Lösungen ein wenig.
Zinnoxydul	Schwarz, flockig, in concentrirter Salzsäure löslich, auch in Kali unter Bildung von Zinnsulphid.	Schwarz, flockig, in concentrirter Salzsäure löslich, gewöhnlich auch im Uebermaße und in Kali unter Bildung von Zinnsulphid.	Weiß, voluminös, im Uebermaße ziemlich leicht löslich.	Weiß, voluminös, in Kali löslich.
Zinnoxyd	Blaßgelb, flockig, in Säuren schwer, in Kali leicht löslich.	Blaßgelb, flockig, im Uebermaße und in Kali leicht, in Säuren schwer löslich.	Weiß, voluminös, im Uebermaße löslich.	Weiß, voluminös, im Uebermaße leicht löslich.

Digitized by Google

Kohlensaures Ammoniak.		
Weiß, voluminös, in Ammoniak löslich.	1. Phosphorsaures Natron weiß, löslich in Säuren und in Ammoniak. 2. Oxalsaures Kali weiß pulverig, löslich in Säuren und in Ammoniak. 3. Kaliumeisencyanur weiß.	Die **Cadmiumoxydsalze** sind farblos, ihre Lösungen reagiren sauer.
Weiß, pulverig, in Kali löslich.	1. Phosphorsaures Natron weiß, löslich in Säuren und in Kali. 2. Oxalsaures Kali weiß pulverig, löslich schwer in Säuren, auch in Kali. 3. Kaliumeisencyanur weiß. 4. **Chromsaures Kali** gelb pulverig, löslich in Säuren, leicht in Kali. 5. **Schwefelsäure weiß pulverig,** löslich in Wasser fast gar nicht, in verdünnten Säuren schwer. 6. **Concentrirte Salpetersäure oder Salzsäure** weiß krystallinisch; löslich in Wasser.	Die **Bleioxydsalze** (vergl. §. 316) sind farblos, in Wasser meist unlöslich. Ihre Lösungen reagiren sauer. Durch Zink, Zinn und Eisen wird das Blei aus ihnen in metallischen Blättchen abgeschieden.
Weiß, voluminös, im Uebermaße in der Kälte etwas löslich.	1. Phosphorsaures Natron weiß, löslich in Säuren. 2. Oxalsaures Kali weiß, löslich in verdünnten Säuren schwer. 3. Kaliumeisencyanur weiß. 4. Chromsaures Kali gelb, löslich in Säuren, unlöslich in Kali. 5. **Wasser weiß krystallinisch,** aber nur bei Abwesenheit von viel freier Säure.	Die **Wismuthoxydsalze** (vergl. §. 313) sind farblos, in Wasser nur bei Gegenwart von überschüssiger Säure löslich. Durch Zink, Zinn, Blei, Eisen ꝛc. wird das Wismuth metallisch ausgeschieden.
Blau, voluminös, im Uebermaße mit schön blauer Farbe löslich.	1. Phosphorsaures Natron blaßblau, in Säuren und in Ammoniak leicht löslich. 2. Oxalsaures Kali blaßblau, pulverig, in Säuren schwer, in Ammoniak leicht löslich. 3. Kaliumeisencyanür braunroth. 4. Chromsaures Kali grüngelb, in Ammoniak mit grüner Farbe leicht löslich.	Die **Kupferoxydsalze** (vergl. §. 321) sind im wasserleeren Zustande farblos, im wasserhaltigen blau oder grün. Sie sind im Wasser meistens löslich. Die Lösungen sind blau oder grün, sie reagiren sauer. Das Kupfer wird aus ihnen durch Zink, Blei, Eisen ꝛc. metallisch ausgeschieden. Durch organische Stoffe, wie Zucker, wird das Kupferoxyd, besonders in der Wärme, zu Kupferoxydul reducirt.
Weiß, flockig, im Uebermaße ziemlich leicht löslich.	1. Phosphorsaures Natron gelb, im Lichte braun werdend, in Säuren und Ammoniak löslich. 2. Oxalsaures Kali weiß krystallinisch, in Säuren und in Ammoniak löslich. 3. Kaliumeisencyanur weiß. 4. **Salzsäure weiß flockig, im Lichte violett, dann schwarz werdend, unlöslich in Säuren,** löslich in Ammoniak.	Die **Silberoxydsalze** (vergl. §. 361) sind farblos. Die wässerigen Lösungen der neutralen Salze reagiren neutral. Alle Lösungen färben die Haut schwarz. Das Silber wird aus ihnen durch die meisten Metalle und durch viele organische Stoffe metallisch ausgeschieden.
Weiß, voluminös, in Kali löslich.	1. Phosphorsaures Natron weiß, im Uebermaße schwer, in Salzsäure und Kali leicht löslich. 2. Oxalsaures Kali weiß krystallinisch, in Säuren und in Kali löslich. 3. Kaliumeisencyanur weiß. 4. Quecksilberchlorid grau oder weiß.	Die **Zinnoxydulsalze** (vergl. §. 325) sind gelblich oder farblos, ihre Lösungen reagiren sauer; alle gehen sehr leicht durch Sauerstoffaufnahme in Zinnoxydsalze über. Das Zinn wird aus ihnen durch Zink in grauen Metallschuppen ausgeschieden.
Weiß, voluminös, im Uebermaße löslich.	1. Phosphorsaures Natron weiß voluminös, löslich schwer in Säuren, leicht in Kali. 2. Oxalsaures Kali weiß, unvollständig. 3. Kaliumeisencyanur weiß. 4. Chromsaures Kali blaßgelb, löslich in Salzsäure.	Die **Zinnoxydsalze** (vergl. §. 325) sind farblos oder gelblich. Ihre Lösungen reagiren sauer. Das Zinn wird aus ihnen durch Zink als graues Metallpulver ausgeschieden.

Digitized by Google

	Schwefelwasserstoff.	Schwefelammonium.	Kali.	Ammoniak.
Queckſilberoxydul	Schwarz, flockig, in Salzſäure nicht, in Salpeterſäure wenig, in Salpeterſalzſäure leicht löslich, in Schwefelammonium auf Zuſatz von Kali unter Zurücklaſſung von Queckſilber.	Schwarz, flockig, im Uebermaße auf Zuſatz von Kali unter Abſcheidung von etwas Queckſilber löslich, in concentrirter Salzſäure nicht, in concentrirter Salpeterſäure wenig, in Salpeterſalzſäure leicht löslich.	Schwarz, flockig, im Uebermaße nur wenig löslich.	Schwarz, flockig, im Uebermaße zum Theil auflöslich.
Queckſilberoxyd	Schwarz, flockig, in concentrirter Salzſäure oder Salpeterſäure unlöslich, in Salpeterſalzſäure ziemlich leicht löslich, in Schwefelammonium auf Zuſatz von Kali löslich.	Schwarz, flockig, im Uebermaße auf Zuſatz von Kali leicht löslich, in concentrirter Salzſäure oder Salpeterſäure nicht, in Salpeterſalzſäure ziemlich leicht löslich.	Gelb, aus ſehr ſauren Löſungen im Uebermaße fällt völlig löslich.	Weiß, voluminös, im Uebermaße leicht löslich.
Goldoxyd	Braun, flockig, in gelbem Schwefelammonium auf Zuſatz von Kali, in Salpeterſalzſäure langſam löslich.	Braun, flockig, im Uebermaße auf Zuſatz von Kali löslich, in Salpeterſalzſäure langſam löslich.	Gelb, flockig, aus ſehr ſauren Löſungen in der Kälte nicht, beim Kochen zum Theil ſchwarz unter dunkelblauer Färbung der Flüſſigkeit.	Gelb, flockig, aus ſehr ſauren Löſungen in der Kälte nicht, in der Wärme zum Theil rothlichgelb (als Knallgold).
Platinoxyd	Dunkelbraun, flockig, aber erſt nach längerer Zeit, in Schwefelammonium, ſowie in Salpeterſalzſäure ſchwer löslich.	Dunkelbraun, flockig, im Uebermaße, beſonders auf Zuſatz von Kali, und in Salpeterſalzſäure ſchwer löslich.	Gelb, körnig-kryſtalliniſch, im Uebermaße beim Kochen völlig löslich.	Gelb, körnig-kryſtalliniſch, im Uebermaße beim Sieden ſehr ſchwer löslich.
Antimonoxyd	Gelbroth, flockig, in Kali u. in Säuren löslich.	Gelbroth, flockig, im Uebermaße, beſonders des gelben Schwefelammoniums leicht löslich, aus der Löſung durch Säuren fällbar.	Weiß, voluminös, im Uebermaße löslich.	Weiß, voluminös, in Kali löslich.

Digitized by Google

Kohlensaures Ammoniak.		
Grauschwarz, im Uebermaße zum Theil löslich.	1. Phosphorsaures Natron weiß, krystallinisch, in Salpetersäure und in Ammoniak löslich. 2. Oxalsaures Kali weiß, pulverig, löslich in Salpetersäure völlig, in Ammoniak theilweise. 3. Kaliumeisencyanür weiß. 4. Chromsaures Kali gelbroth, in Salpetersäure unvollständig löslich. 5. **Salzsäure weiß, flockig, leicht löslich in Salpetersalzsäure.**	Die **Queckſilberoxydulſalze** (vergl. §. 356) ſind farblos oder gelblich, in Waſſer meiſtens loslich. Die Lo'ungen reagiren ſauer. Das Queckſilber wird durch Zink, Eiſen, Kupfer ꝛc., ſowie durch organiſche Stoffe in kleinen Kugelchen aus ihnen ausgeſchieden.
Weiß, im Uebermaße loslich.	1. Phosphorsaures Natron weiß, löslich in Säuren und in Ammoniak. 2. Oxalsaures Kali weiß, pulverig. 3. Kaliumeisencyanür weiß. 4. Chromsaures Kali gelbroth, in Säuren und in Ammoniak löslich.	Die **Queckſilberoxydſalze** (vergl. §. 356) ſind farblos oder gelb, ihre Lo'ungen reagiren ſauer. Das Queckſilber wird durch Zink, Eiſen, Kupfer ꝛc., auch durch organiſche Stoffe in kleinen grauen Kugelchen ausgeſchieden.
Gelb, flockig, aus ſauren Löſungen in der Kälte nicht, beim Kochen zum Theil (als Knallgold).	1. **Zinnſesquichlorür** purpurroth, auch aus ſehr verdünnten und aus ſauren Löſungen. 2. **Schwefelſaures Eiſenoxydul** gewöhnlich unter grunblauer Färbung der Flüſſigkeit braunroth (als feinvertheiltes Gold).	Die **Goldoxydſalze** (§. 367) und das Goldchlorid (vergl. §. 366) ſind gelb. Das Gold wird aus ihnen durch die meiſten Metalle und durch ſehr viele organiſche Stoffe, wie Zucker, Alkohol ꝛc. metalliſch ausgeſchieden. Durch ihre Löſungen wird die Haut roth oder violett gefärbt.
Gelb, körnig-kryſtalliniſch.	1. **Durch Kali- oder Ammoniakſalze** gelb, kryſtalliniſch, in Waſſer und verdünnten Säuren ſehr wenig, in Alkalien bei Erwärmung löslich.	Die **Platinoxydſalze** (vergl. §. 370 und 371) ſind gelb oder braun, ihre Löſungen reagiren ſauer. Das Platin wird aus ihnen durch die meiſten Metalle, und durch ſehr viele organiſche Stoffe, wie Zucker, Alkohol, beſonders in der Siedehitze als ſchwarzes Metallpulver ausgeſchieden.
Weiß, voluminös, im Uebermaße bei Erwärmung auflöslich.	1. Phosphorsaures Natron weiß, löslich in Säuren und in Chlorammonium. 2. Oxalsaures Kali weiß, kryſtalliniſch. 3. Waſſer, weiß, flockig, aus allen nicht ſehr ſtark ſauren Löſungen, gewöhnlich unvollſtändig.	Die **Antimonoxydſalze** (vergl. §. 339) ſind farblos oder gelblich. Aus ihren Löſungen wird das Antimon durch Zink, Eiſen und viele andere Metalle als ſchwarzes Pulver ausgeſchieden.

Digitized by Google

Digitized by Google

II.

Tabelle

über

das Verhalten der wichtigsten Säuren gegen Reagentien.

Digitized by Google

	Chlorbaryum.	Chlorcalcium.	Salpetersaures Silberoxyd.
Kohlensäure	Weiß, pulverig, in Chlorammonium löslich, durch Säuren unter Aufbrausen aufgelöst.	Weiß, pulverig, in Chlorammonium löslich, durch Säuren unter Aufbrausen aufgelöst.	Weiß, pulverig, in Ammoniak löslich, durch Salpetersäure unter Aufbrausen aufgelöst.
Salpetersäure	0. Aus sehr verdünnten Auflösungen krystallisirt salpetersaure Barnterde aus.	0.	0.
Salpetrige Säure	0.	0.	Weiß, flockig, in Wasser schwer auflöslich, in Säuren leicht.
Schwefelsäure	Weiß, **pulverig, in Säuren völlig unlöslich.**	Weiß, krystallinisch, löslich in Wasser schwer, in Säuren leicht, in Alkohol nicht — aus sehr verdunnten oder sauren Lösungen erst auf Zusatz von Alkohol.	Weiß, krystallinisch, in Wasser ziemlich leicht löslich, daher nur aus concentrirten Lösungen.
Schweflige Säure	Weiß, pulverig, in Säuren leicht löslich.	Weiß, krystallinisch, in Wasser schwer, in Säuren leicht löslich.	Weiß, flockig, in Säuren ziemlich schwer loslich.
c. Phosphorsäure	Weiß, voluminös, in Säuren leicht loslich.	Weiß, voluminös, in Säuren leicht löslich.	Gelb, flockig, in Säuren und in Ammoniak leicht löslich.
b. Phosphorsäure	Weiß, schleimig, in Säuren leicht löslich.	Weiß, schleimig, in Säuren leicht loslich.	Weiß, voluminös, in Säuren und in Ammoniak leicht loslich.
a. Phosphorsäure	Weiß, schleimig, in Säuren leicht loslich.	Weiß, schleimig, in Säuren loslich.	Weiß, in Säuren und in Ammoniak loslich.
Chlorsäure	0.	0.	0.
Borsäure	Weiß, voluminös, im Uebermaße und in Säuren leicht loslich.	Weiß, voluminös, im Uebermaße und in Säuren leicht loslich.	Weiß, flockig, in Ammoniak und Säuren leicht löslich. Aus sehr verdunnten Lösungen braunlichgelb.
Kieselsäure	Weiß, voluminös, löslich in sehr verdunnter Salzsaure vollständig, in concentrirter unter Abscheidung von Kieselsäurehydrat.	Weiß, voluminös, loslich in sehr verdünnter Salzsaure vollständig, in concentrirter unter Abscheidung von Kieselsäurehydrat.	Weiß, voluminös, löslich in verdunnter Salzsäure und in Ammoniak.

Digitized by Google

1. **Aus allen Salzen wird die Kohlensäure durch fast alle anderen Säuren unter Aufbrausen ausgetrieben.**	Die neutralen und basischen **kohlensauren Salze** (vergl. §. 202), mit Ausnahme der Alkalisalze sind in Wasser unlöslich, dagegen lösen sich alle sauren Salze auf.
1. **Kupferspähne** werden in salpetersäurehaltigen Flüssigkeiten auf **Zusatz von Schwefelsäure, unter Entwickelung gelber, stechend riechender salpetriger Dämpfe** gelöst. 2. Auch sehr kleine Mengen von Salpetersäure werden in Flüssigkeiten entdeckt, wenn man diese mit der **5 — 10fachen Menge Schwefelsäure versetzt und eine frische Lösung von schwefelsaurem Eisenoxydul vorsichtig darüber gießt, so daß sich die Flüssigkeiten nicht mischen. Die Eisenoxydullösung färbt sich von der Berührungsstelle aus grün oder roth.**	Die **salpetersauren Salze** (vergl. §. 138) sind mit Ausnahme einiger basischen in Wasser leicht löslich.
1. Die salpetrige Säure wird in Flüssigkeiten mit Hülfe von schwefelsaurem Eisenoxydul ebenso nachgewiesen, wie die Salpetersäure. Sie liefert stets eine rothe Flüssigkeitsschicht.	Die Salze der **salpetrigen Säure** (vergl. §. 140) sind in Wasser meistens leicht löslich, mit Ausnahme der basischen.
Die neutralen Salze der **Schwefelsäure** (vergl. §. 153) sind in Wasser mit wenigen Ausnahmen löslich, die sauren leicht, die basischen nicht, in Alkohol sind auch die neutralen Salze unlöslich.	Die unlöslichen schwefelsauren Salze werden durch kohlensaures Natron besonders in der Siedehitze zersetzt, unter Bildung von kohlensauren Salzen u. schwefelsaurem Natron.
Die Salze der **schwefligen Säure** sind, mit Ausnahme der Alkalisalze, in Wasser nicht oder wenigstens sehr schwer löslich. **Die Lösungen**	**gehen an der Luft, in Berührung mit concentrirter Salpetersäure oder mit Hyperoxyden leicht in schwefelsaure über.**
1. Die a**Phosphorsäure** und b**Phosphorsäure** unterscheiden sich von einander dadurch, daß Eiweiß von der ersten nicht, von der andern flockig gefällt wird. 2. Die gelösten phosphorsauren Salze, mit Ausnahme der Alkalisalze, werden durch **die Alkalien, ihre kohlensauren Salze und durch die Schwefelalkalimetalle, entweder als Ganzes gefällt oder es wird ihnen nur ein Theil der Phosphorsäure entzogen.**	3. Die a**Phosphorsäure** wird auch aus sehr verdünnten Lösungen durch eine **Lösung von schwefelsaurer Talkerde oder Chlormagnesium in Chlorammonium** körnig-krystallinisch gefällt. **Die phosphorsauren Salze** sind, mit Ausnahme der Alkalisalze, in Wasser nicht löslich, von Säuren werden sie leicht gelöst, wenn sie nicht vorher geglüht waren (vergl. §. 168).
1. Durch **Salzsäure** wird die Chlorsäure beim Kochen **desoxydirt**, und von entstandenem Chlor gelb gefärbt; die gelbe Flüssigkeit **bleicht Lackmuspapier.** 2. Durch rauchende Salpetersäure geschieht die Reduction schon in der Kälte, nach begonnener Re-	duction **fällt die Flüssigkeit salpetersaures Silberoxyd in weißen Flocken, welche im Lichte violett und schwarz werden, und sich in Säuren nicht lösen.** **Die Salze der Chlorsäure** (vergl. §. 175) sind in Wasser sämmtlich löslich.
1. Schwefelsaures Eisenoxydul voluminös, weiß, in Säuren und in Ammoniak löslich. 2. Eisenchlorid voluminös, bräunlichweiß, im Uebermaße mit brauner Farbe löslich.	Die **Borsäure** (vergl. §. 196) bildet nur mit den Alkalien in Wasser leicht lösliche, mit den meisten Basen in Wasser unlösliche Salze. In Säuren lösen sich alle borsauren Salze auf.
1. Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium voluminös oder flockig. 2. Chlorammonium voluminös. 3. **Säuren, besonders Salzsäure, voluminös oder flockig.**	Die **kieselsauren Salze** sind, mit Ausnahme der basischen Alkalisalze, in Wasser unlöslich, von Salzsäure werden einige gelöst oder zersetzt, unter Abscheidung von Kieselsäurehydrat; durch concentrirte Schwefelsäure werden alle in der Wärme wenigstens angegriffen (vergl. §. 197).

Digitized by Google

	Chlorbaryum.	Chlorcalcium.	Salpetersaures Silberoxyd.
Antimonsäure	Weiß, in Wasser kaum löslich.	Weiß, in Wasser kaum löslich.	Weiß, pulverig.
Arsenikſäure	Weiß, voluminös, im Uebermaße, in Säuren und in Chlorammonium löslich.	Weiß, voluminös, im Uebermaße, in Säuren und in Chlorammonium leicht löslich.	Braunroth, pulverig, in Säuren und in Ammoniak löslich.
Arsenige Säure	0.	0.	Blaßgelb, in Säuren und in Ammoniak leicht löslich.
Chromsäure	Gelblichweiß, flockig, in Säuren leicht auflöslich.	0.	Braunroth, in Salpetersäure schwer, in Ammoniak leicht löslich.
Chlorwasserstoffsäure	0.	0.	Weiß, flockig, in Säuren völlig unlöslich, in Ammoniak leicht löslich, im Lichte bald violett und schwarz werdend.
Schwefelwasserstoffsäure	0.	0.	Schwarz, flockig, auch in concentrirter Salpetersäure nur wenig löslich.

Digitized by Google

1. Schwefelwasserstoff blaßgelbroth, in Kali löslich — daher nur aus sauren Lösungen — auch löslich in concentrirter Salpetersäure und in Salzsäure, in letzterer unter Abscheidung von Schwefel. 2. **Schwefelammonium blaßgelbroth, im Uebermaße leicht löslich.**	Die **Salze der Antimonsäure** (vergl. §. 339) sind, mit Ausnahme der neutralen Alkalisalze, in Wasser unlöslich, durch concentrirte Salzsäure werden sie gelöst, durch Schwefelsäure oder Salpetersäure zersetzt unter Abscheidung von Antimonsäurehydrat.
1. **Schwefelwasserstoff oder Schwefelammonium blaßgelb, jedoch nur langsam und nur aus sauren Lösungen.** 2. Schwefelsaures Eisenoxydul weiß, in Salzsäure löslich. 3. Eisenchlorid weiß, in Ammoniak und in Salzsäure löslich.	Nur die Alkalisalze der **Arsenikſäure** sind in Wasser löslich, die übrigen Salze lösen sich in Schwefelsäure, Salzsäure oder Salpetersäure, sowie in Ammoniaksalzen, besonders Chlorammonium (vergl. §. 331).
1. **Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium gelb, jedoch nur aus sauren Lösungen.** 2. Schwefelsaures Eisenoxydul schmutzig weiß, in Säuren und in Ammoniak leicht löslich. 3. Eisenchlorid bräunlichgelb, löslich in kohlensaurem Ammoniak.	Die nicht in Wasser löslichen **arsenikſauren Salze** lösen sich in Salzsäure, und werden aus diesen Lösungen durch Alkalien und kohlensaure Alkalien fast unverändert niedergeschlagen (vergl. §. 330).
1. **Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium graugrün.** 2. Schwefelsaures Eisenoxydul und Eisenchlorid braungelb. 3. **Essigsaures Bleioxyd schön gelb, pulverig, löslich in Säuren und in Kali.**	Die **chromsauren Salze** zeichnen sich durch meistens sehr lebhafte Farben aus; nur einige, namentlich die Alkalisalze, lösen sich in Wasser, alle in Salpetersäure (vergl. §. 347).
Die chlorwasserstoffsauren Salze oder eigentlich die **Chlorverbindungen** (vergl. §. 181) sind mit sehr wenigen Ausnahmen in Wasser löslich, und zwar leicht löslich. Ihre Lösungen entwickeln auf Zusatz von Braunstein und Schwefelsäure Chlorgas, welches Pflanzenfarben bleicht.	
Die schwefelwasserstoffsauren Salze oder eigentlich die **Schwefelverbindungen** (vergl. §. 155 und 156) sind mit Ausnahme der schwefelalkalihaltigen in Wasser unlöslich, von Säuren werden sie meistens leicht zersetzt. Chlorwasserstoffsäure	entwickelt aus den meisten Schwefelwasserstoffgas; concentrirte Salpetersäure und noch leichter concentrirte Salpetersalzsäure oxydirt sie zu schwefelsauren Salzen, anfangs unter Abscheidung von Schwefel.

Digitized by Google

Digitized by Google

Alphabetisches Register zum ersten Bande.

A.

Abdampfschalen 463.
Absorption von Gasen durch starre Körper 70.
Absorption von Gasen durch tropfbare Flüssigkeiten 88.
Adhäsion 62.
Adular 476.
Aequivalente 413.
Aetzen des Glases 284.
Aetzkali 287.
Aetzsublimat 396.
Aggregationsformen 8.
Alaun 336. 342.
Alaunerde 336. 341.
Alaunschiefer 341.
Alaunstein 341.
Albit 476.
Alkali, flüchtiges 309.
Alkalien, fixe 319.
Alkalimetalle 309.
Almandin 484.
Aluminit 340.
Aluminium 343.
Amalgam 393. 394.
Ammoniak 238.
Ammoniakbildung 241.
Ammonium 309.
Ammoniumoxyd 240. 309.
Ammoniumoxyd, kieselsaures 314.
Ammoniumoxyd, kohlensaures 312.
Ammoniumoxyd, phosphorsaures 314.
Ammoniumoxyd, salpetersaures 313.
Ammoniumoxyd, schwefelsaures 313.
Ammonium-Platinchlorid 405.
Amphibol 485.
Anatas 393.
Anhydrit 320. 491.
Ankerit 490.
Antimon 385.
Antimonbutter 388.
Antimonige Säure 387.
Antimonoxyd 386.
Antimonsäure 387.
Antimonsäurehydrat 387.
Antimonwasserstoff 387.
Apatit 3.
Argentan 365.
Arragonit 489.
Arsenige Säure 380.
Arsenik 379.
Arsenik, Nachweisung desselben bei Vergiftungen 384.
Arsenik, weißer 380.
Arsenikglas 380.
Arsenikhyperoxyd 379.
Arsenikkies 385.
Arsenikmetalle 385.
Arsenikoxyd 380.
Arseniksäure 381.
Arsenikwasserstoff 382.
Atome 421.
Auflösung 433.
Auflösung starrer Stoffe 85.
Aufschließung 435.
Augit 322. 484.
Augit, gemeiner 485.
Augit, schillernder 485.
Auripigment 384.
Ausdehnung der Gase durch die Wärme 114.
Ausdehnung starrer Körper durch die Wärme 98.
Ausdehnung tropfbarer Flüssigkeiten durch die Wärme 101.
Ausdehnungscoefficienten 106.
Aussüßen 466.
Austrocknungsröhren 462.
Auswaschen 466.

B.

Backsteine 339.
Barometer 23.
Baryt 330.
Baryterde 330.
Baryterde, kohlensaure 330.
Baryterde, schwefelsaure 330.
Baryum 331.

Digitized by Google

Bechergläser 462.
Bergkrystall 473.
Beryll 344.
Beryllerde 343.
Beryllium 343.
Biscuit 337.
Bittererde 332.
Bittersalz 333.
Bitterspath 220. 490.
Blaueisenerz 494.
Blausäure 279.
Blei 370.
Bleiasche 371.
Bleichsalze 269.
Bleiglanz 372.
Bleihyperoxyd 372.
Bleihyperoxydul 371.
Bleioxyd 371.
Bleioxyd, kohlensaures 371.
Bleioxyd, chromsaures 390.
Bleioxydhydrat 391.
Bleispath 371.
Bleiweiß 371.
Blenden 257.
Blutlaugensalz 243.
Bodendruck von Flüssigkeiten 22.
Bor 281.
Borax 303.
Borsäure 281.
Braunit 345. 346.
Brauneisenerz 493.
Brauneisenstein 359.
Braunspath 490.
Braunsteinerze 345.
Brennen des Kalks 318.
Brennstoffe 209.
Brittaniametall 386.
Brom 275.
Bronze 374.
Brookit 393.
Brückenwage 33.
Buntkupfererz 376.

C.

Calcium 315.
Calorimeter 119.
Capillarität 66.
Caput mortuum 389.
Cement 322.
Cerit 344.
Cerium 345.
Ceroxyd 345.
Ceroxydul 345.
Chalcedon 474.
Chemische Analyse 430.
Chemische Analyse, qualitative 432.
Chemische Analyse, quantitative 452.
Chemische Elemente 175.
Chemische Formeln 415.
Chemische Verbindung 78. 93.
Chemische Verbindungen 177.
Chemische Verwandtschaftskraft oder Affinität 172.
Chemische Zeichen 415.
Chlor 265.
Chloralkalien 269.
Chloraluminium 342.
Chlorammonium 309.
Chlorantimon 388.
Chlorcalcium 328.
Chlorgold 401.
Chlorhydrat 267.
Chloride 275.
Chlorige Säure 270.
Chlorit 487.
Chlorkalium 297.
Chlorkalk 269.
Chlormagnesium 334.
Chlornatrium 414.
Chlorplatin 404.
Chlorquecksilber 396.
Chlorsäure 269.
Chlorsilber 400.
Chlorstickstoff 275.
Chlorwasser 267.
Chlorwasserstoffsäure 271.
Chlorzink 368.
Chlorzinn 378.
Chrom 369.
Chromeisenstein 389.
Chromoxyd 390.
Chromoxydhydrat 390.
Chromsäure 390.
Cok 215.
Cölestin 329.
Communicirende Gefäße 22.
Corund 340.
Cyan 243. 279.
Cyanbildung 243.
Cyanmetalle 280.
Cyansäure 280.
Cyanwasserstoffsäure 279.
Cylindergläser 462.

D.

Dachziegeln 339.
Dampfheizung 150.
Dampfkessel 144.
Dampfmaschine 152.
Demantspath 340.
Desoxydation 186.
Desoxydation durch Wasserstoff 197.
Destillirapparate 139.
Dichte 7.
Didymium 345.
Didymoxyd 345.
Diffusion von Gasen 78.
Diffusion trofbarer Flüssigkeiten 82.

Digitized by Google

Digerirgläser 463.
Dimorphismus 489.
Dolomit 332. 490.
Doppelkohlenwasserstoffgas 205.
Durchdringung 78.

E.

Eisen 349.
Eisenchlorid 363.
Eisenchlorür 363.
Eisenglanz 492.
Eisenkies 494.
Eisenoxyd 359.
Eisenoxyde, kieselsaure 362.
Eisenoxyde, kohlensaure 360.
Eisenoxyde, phosphorsaure 361.
Eisenoxyde, schwefelsaure 361.
Eisenoxydhydrat 359.
Eisenoxydoxydul 359.
Eisenoxydul 358.
Eisensäure 360.
Eisenspath 490.
Eisenvitriol 361.
Elasticität 45.
Elasticität starrer Körper 46
Elasticität tropfbarer flüssiger Körper 48.
Elasticität der Gase 49.
Elektricitätserregung durch Reibung 160
Elektricität, gebundene 164.
Elektrische Anziehung 159.
Elektrische Batterie 166.
Elektrische Flasche 165.
Elektrischer Funken 161.
Elektrische Säule oder Kette 167.
Elektrische Spannung 158.
Elektrische Spannung, negative 159.
Elektrische Spannung, positive 159.
Elektrischer Strom 169.
Elektrische Vertheilung 162.
Elektrisirmaschine 160. 161.
Elektrochemische Zersetzung 169.
Elektroskop 159.
Endosmose — Exosmose 82.
Englisch Roth 359.
Erbinerde 343.
Erbium 343.
Erden, alkalische 331.
Erden eigentliche 343.

F.

Fahlerze 388.
Fayence 338.
Feldspath, gemeiner 476.
Feldspath, glasiger 476.
Feldspathe 475.
Feldspathe, Verwitterung derselben 478.
Feldstein 476.
Feuerspritze 56.
Feuerstein 474.
Feuerzeug, chemisches 295.
Filtriren 465.
Fliegenstein 379.
Fluor 278.
Fluorsilicium 283.
Fluorwasserstoffsäure 278.
Flußspath 491.
Flußsäure 278.
Freier Fall 1.
Frischheerd 354.

G.

Galmei 366.
Galvanische Säule oder Kette 167.
Garkupfer 373.
Gasometer 81.
Gefrieren 108.
Gelbbleierz 391.
Geneigte Ebene 11.
Gewicht, absolutes 7.
Gewicht, specifisches 7.
Gewichte 3.
Gewichtsverlust bei dem Eintauchen in Flüssigkeiten 28.
Giftkies 385.
Giftmehl 380.
Gips 319. 491.
Glanze 257.
Glanzmanganerz 346.
Glas 323.
Glas-Fabrikation 325.
Glaskopf, brauner 493.
Glaskopf, rother 493.
Glauberfalz 300.
Glimmer 479.
Glühen 467.
Glühofen 135.
Gold 400.
Goldlegirungen 401.
Goldoxyd 402.
Goldoxydul 402.
Goldpurpur 402.
Goldschwefel 388.
Granat 483.
Granat, edler 484.
Granat, gemeiner 484.
Graumanganerz 346.
Graupießglanzerz 388.
Gravitation 9.
Grüneisenerz 494.

H.

Hammerschlag 360.
Hartmanganerz 345. 346.

Digitized by Google

Haspel 21.
Hausmannit 345.
Hebel 17.
Heber 26.
Heizapparate 134.
Heizkraft verschiedener Heizstoffe 219.
Heizstoffe 209.
Heuwage 36.
Hohofen 351.
Höllenstein 399.
Hornblende 322. 485.
Hornblende, basaltische 486.
Hornblende, gemeine 486.
Hornerz 400.
Hornstein 474.
Hüttenrauch 380.
Hyacynth 344.
Hydraulische Presse 56.
Hydrothionige Säure 256.
Hydrothionsäure 254.

J.

Jaspis 474.
Jod 276.
Iridium 406.
Isolatoren der Elektricität 158.
Isomorphie 470.

K.

Kadmium 368.
Kali 290.
Kali, chlorsaures 295.
Kali, chromsaures 390.
Kali, kieselsaures 295.
Kali, kohlensaures 286.
Kali, phosphorsaures 295.
Kali, salpetersaures 290.
Kali, schwefelsaures 294.
Kalialaun 342.
Kalihydrat 286.
Kalium 287.
Kalium-Platinchlorid 404.
Kalk 317.
Kalk, dichter 489.
Kalk, erdiger 489.
Kalk, hydraulischer 323.
Kalk, körniger 489.
Kalkerde 315.
Kalkerde, kieselsaure 321.
Kalkerde, kohlensaure 316.
Kalkerde, phosphorsaure 320.
Kalkerde, salpetersaure 319.
Kalkerde, schwefelsaure 319.
Kalkerdhydrat 315.
Kalkmilch 316.
Kalkspath 489.
Kalktuff 317.
Kalkwasser 316.
Kalomel 396.
Kanonenmetall 374.
Kaolin 336.
Katzengold 480.
Katzensilber 480.
Keil 12.
Kesselfeuerung 137.
Kiese 257.
Kieselerde 282.
Kieselflußsäure 283.
Kieselsäure 282.
Kieselsäurehydrat 283.
Kieselschiefer 474.
Kieselfluorwasserstoffsäure 283.
Knallgasgebläse 192.
Knallgold 402.
Knallplatin 405.
Knallsilber 399.
Kobalt 364.
Kobaltkies 364.
Kobaltoxyd 364.
Kobaltoxydul 364.
Kochsalz 304.
Kohlenoxyd 204.
Kohlensäure 201.
Kohlenstoff 198.
Kohlenwasserstoffgas, leichtes 207.
Kohlenwasserstoffgas, schweres 205.
Kolkothar 359.
Königsgelb 384.
Königswasser 274.
Kreide 317.
Krystallformen 44.
Krystallisation 85.
Kupfer 373.
Kupferglanz 376.
Kupferkies 376.
Kupferlasur 375.
Kupferoxyd 375.
Kupferstein 373.
Kupferoxydul 375.
Kupfervitriol 375.

L.

Labrador 322. 478.
Landtransport 75.
Lanthanerde 345.
Lanthanium 345.
Lanthanoxyd 345.
Latente Wärme 108. 112.
Lehm 335.
Leiter der Elektricität 158.
Lepidokrokit 493.
Letternmetall 386.
Leuchtgas 224.
Leuchtstoffe 222.
Leucit 481.
Lichtstrahlung 124.
Lithium 308.
Lösung 78.

Digitized by Google

Luftdruck 23.
Luftmörtel 322.
Luchssapphir 340.
Luftpumpe 17.
Luftthermometer 105.

M.

Magnesia 332.
Magnesium 335.
Magneteisenerz 360. 493.
Magnetkies 363. 495.
Malachit 375.
Mangan 345.
Manganchlorür 346.
Manganglanz 348.
Manganhyperoxyd 348.
Manganoxydul 347.
Manganoxyduloxyd 346.
Mangansäure 347.
Mangansulphür 348.
Mangansulphürhydrat 348.
Mariotteſches Geſetz 50.
Markaſit 495.
Maſſe 3.
Mauerſalpeter 319.
Mennige 371.
Mergel 323. 335.
Meſitinſpath 490.
Meſotyp 480.
Meſolith 481.
Meſſing 374.
Metalle der alkaliſchen Erden 343.
Metalle der eigentlichen Erden 331.
Metalle, leichte 344.
Metalle, ſchwere 344.
Metallthermometer 100.
Meteoreiſen 350.
Molybdän 392.
Molybdänglanz 391.
Molybdänoxyd 391.
Molybdänoxydul 391.
Molybdänſäure 291.
Mörtel 322.
Muffelofen 136.
Muſivgold 378.

N.

Nadelzeolith 480.
Natron 298
Natron, borſaures 303.
Natron, kohlenſaures 297. 299.
Natron, kieſelſaures 304.
Natron, phosphorſaures 303.
Natron, ſalpeterſaures 300.
Natron, ſchwefelſaures 300.
Natronhydrat 298.
Natrium 298.
Natrium-Platinchlorid 404.
Nephelin 481.
Neuſilber 365.
Nickel 365.
Nickeloxyd 366.
Nickeloxydul 366.
Niederſchlag 437.
Niobium 392.
Niobſäure 392.
Norerde 343.
Norium 343.

O.

Oelbildendes Gas 204.
Oligoklas 477.
Olivin 488.
Operment 384.
Orthoklas 475.
Osmium 407.
Osmiumſäure 407.
Oxychlorite 275.
Oxydation 180.
Oxyde 186.

P.

Packfong 365.
Palladium 406.
Pauſilipptuff 322.
Pechblende 369.
Pelopium 392.
Pelopſäure 392.
Periklin 477.
Pfannenſtein 306.
Pflug 13.
Phosphor 257.
Phosphorige Säure 260.
Phosphoroxyd 260.
Phosphorſäure 261.
Phosphorſäurehydrate 262.
Phosphorwaſſerſtoff 264.
Platin 403.
Platinfeuerzeug 192.
Platinmohr 404.
Platinoxyd 405.
Platinoxyd, ſalpeterſaures 405.
Platinoxydhydrat 405.
Platinoxydul 405.
Platinoxydulhydrat 405.
Platinſalmiak 405.
Platinſchwamm 404.
Platinſchwarz 404.
Pneumatiſche Wanne 80.
Porzellan 337.
Porzellanthon 336.
Pottaſche 284.
Probirglas 440.
Pſilomelan 345.
Puddelofen 355.
Pumpe, Compreſſions- 60.
Pumpe, Druck- 56.
Pumpe, Saug- 55.

Digitized by Google

Puzzolane 322.
Pyknometer 38.
Pyrit 494.
Pyroluſit 345.
Pyroxen 484.

Q.

Quarz 473.
Queckſilber 393.
Queckſilberhornerz 393. 396.
Queckſilberlebererz 393.
Queckſilberoxyd 394.
Queckſilberoxydul 394.

R.

Raſeneiſenſtein 361.
Rauſchgelb 384.
Reagentien 440.
Realgar 383.
Reibſchalen 463.
Reibung 72.
Reibungscoefficient 73.
Rhodium 406.
Roheiſen 350.
Roheiſen, graues 354.
Roheiſen, weißes 354.
Rothbleierz 389.
Rotheiſenerz 492. 493.
Rotheiſenſtein 359.
Rothkupfererz 375.
Rubin 340.
Rubinſchwefel 383.
Ruthenium 407.
Rutil 393.

S.

Salmiak 309.
Salpeter 290.
Salpeterſalzſäure 274.
Salpeterſäure 232.
Salpeterſäure, rauchende 235.
Salpeterſäurebildung 241.
Salpetrige Säure 235.
Salzſäure 272.
Sandarach 383.
Sandbad 460.
Sapphir 340.
Sauerſtoff 179.
Sauerſtoffbaſen 186.
Sauerſtoffſäuren 186.
Scalenaräometer 41.
Scheel 292.
Scheelſches Grün 381.
Scheidewaſſer 233.
Scherbenkobalt 379.
Schießpulver 293.
Schmelzen 107.
Schmelztiegel 463.
Schmelzungswärme 108.
Schmirgel 340.
Schnellwage 20.
Schörl 483.
Schwarzbraunſteinerz 345. 346.
Schwarzkupfer 373.
Schweben 27.
Schwediſch Grün 381.
Schwefel 244.
Schwefelammonium 314.
Schwefelantimon 387.
Schwefelarſenik 383.
Schwefelarſenik, gelbes 384.
Schwefelarſenik, rothes 383.
Schwefelbaryum 330.
Schwefelblei 372.
Schwefelblumen 245.
Schwefelcalcium 327.
Schwefeleiſen 362.
Schwefelgold 403.
Schwefelkalium 296.
Schwefelkies 363. 494.
Schwefelkobalt 365.
Schwefelkohleuſtoff 254.
Schwefelkupfer 375.
Schwefelnatrium 304.
Schwefelnickel 366.
Schwefelplatin 405.
Schwefelqueckſilber 395.
Schwefeliäure 246. 251.
Schwefelſäure, engliſche 247.
Schwefelſäure, nordhäuſer 251.
Schwefelſäure, rauchende 251.
Schwefelſäurehydrat 247.
Schwefelſilber 399.
Schwefelzink 367.
Schwefelzinn 378.
Schwefelwaſſerſtoffſäure 254.
Schweflige Säure 246. 250.
Schwere 1.
Schwerkraft 9.
Schwerpunkt 10.
Schwerſpath 330.
Schwerſtein 392.
Schwimmen 27.
Seeſalz 308.
Selen 257.
Senkwage 41.
Serpentin 487.
Sicherheitslampe 207.
Sieden 196.
Silber 396.
Silberglanz 400.
Silberlegirungen 398.
Silberoxyd 399.
Silberoxyd, ſalpeterſaures 399.
Silberoxydul 399.
Sillicium 283.
Smalte 364.
Smaragd 344.

Digitized by Google

Soda 297.
Soda, Fabrikation 301.
Spannkraft der Dämpfe 114.
Spatheisenstein 360. 490.
Specifische Wärme 118.
Speerkies 363. 495.
Speißkobalt 364.
Sphärosiderit 490.
Spinell 340.
Spiritusapparate 139.
Spirituslampe, Berzelius'sche 459.
Spirituslampe, gläserne 459.
Spritzflaschen 466.
Stabeisen 354.
Stahl 537.
Stahl, Brenn- 358.
Stahl, Cement- 358.
Stahl, Guß- 358.
Stahl, Schmelz- 385.
Staurolith 483.
Steinsalz 492.
Steinzeug, englisches 337.
Steinzeug, gemeines 338.
Stickstoff 230.
Stickstoffoxydgas 236.
Stickstoffoxydulgas 236.
Stilpnosiderit 493.
Strahlkies 495.
Streichfeuerzeuge 259.
Strontianerde 329.
Strontianerde, kohlensaure 329.
Strontianerde, salpetersaure 329.
Strontianerde, schwefelsaure 329.
Strontianit 329.
Strontium 329.
Stuck 320.
Stückgut 374.
Sulphide 253.
Sulphüre 253.
Sumpfgas 207.

T.

Tabelle über die Absorption von Gasen durch starre Körper 74.
Tabelle über die Absorption der Gase durch Wasser 90.
Tabelle über die Absorption der Kohlensäure durch verschiedene Flüssigkeiten 89.
Tabelle der Aequivalentzeichen und Zahlen 420.
Tabelle über den Alkoholgehalt der Weingeistdämpfe 111.
Tabelle über die Ausdehnung der Gase durch die Wärme 105.
Tabelle über die Ausdehnung des Wassers 104.
Tabelle über die capillare Hebung der Flüssigkeiten in Glasröhren 68.
Tabelle über die Elasticitätsverhältnisse starrer Stoffe 47.
Tabelle über die Dichte der Ammoniakflüssigkeit 93.
Tabelle der Formeln für die wichtigsten anorganisch-chemischen Verbindungen 422.
Tabelle über die Heizkraft verschiedener Heizstoffe 220.
Tabelle über die Leuchtkraft verschiedener Leuchtstoffe 229.
Tabelle über den Pottaschengehalt verschiedener Pflanzen 284.
Tabelle zur Reduction der Beaume'schen Aräometergrade auf die Dichte 42.
Tabelle zur Reduction der franz. und engl. Maße und Gewichte auf preußische 4.
Tabelle der Reibungscoefficienten 74.
Tabelle über den Siedepunkt der Ammoniakflüssigkeit 110.
Tabelle über den Siedepunkt einer Kochsalzlösung 110.
Tabelle über den Siedepunkt von Salzlösungen 109.
Tabelle über die Spannkräfte der Wasserdämpfe 117.
Tabelle über die specifische Wärme verschiedener Stoffe 122.
Tabelle zur Vergleichung der Dichte einer Lösung von reinem Kochsalz mit ihrem Kochsalzgehalte 86.
Tabelle über das Verhältniß, in welchem verschiedene Gase von verschiedenen Flüssigkeiten absorbirt werden 89.
Tabelle über das Verhalten der wichtigsten Basen gegen Reagentien 498.
Tabelle über das Verhalten der wichtigsten Säuren gegen Reagentien 508.
Tabelle über die Wärmeleitungsfähigkeit 124.
Tabelle über die Zusammensetzung der Braunkohlen 211.
Tabelle über die Zusammensetzung der trocknen Hölzer 210.
Tabelle über die Zusammensetzung der Steinkohlen 212.
Tantal 392.
Tantalite 392.
Tantalsäure 392.
Talk 482.
Talkerde 331.
Talkerde, kieselsaure 334.
Talkerde, kohlensaure 332.
Talkerde, phosphorsaure 333.
Talkerde, salpetersaure 333.
Talkerde, schwefelsaure 333.
Talkerdehydrat 332.
Talkspath 332. 490.

Digitized by Google

Temperatur 95.
Terbinerde 343.
Terbium 343.
Thermometer 95.
Thon 335.
Thonerde 336. 339.
Thonerde, schwefelsaure 340.
Thonerdehydrat 339.
Thonwaaren 336.
Thorerde 343.
Thorium 343.
Titanchlorid 393.
Titansäure 393.
Titansäurehydrat 393.
Topas, orientalischer 340.
Töpferzeug 338.
Traß 322.
Tungstein 392.
Turmalin 483.

U.

Ueberchlorsäure 270.
Uebermangansäure 347.
Unterchlorige Säure 268.
Unterchlorsäure 271.
Unterphosphorige Säure 260.
Untersalpetersäure 235.
Untersinken 27.
Uran 369.
Uranoxyd 369.
Uranoxydul 369.
Uranoxyduloxyd 369.
Uranpecherz 369.
Uransäure 369.

V.

Vanadin 391.
Vanadinit 391.
Vanadinsäure 391.
Verbrennung 183. 217.
Verbrennungswärme 219.
Verdampfen 109.
Verdampfungswärme 112.
Verkohlung des Holzes 213.
Verkohlung der Steinkohlen 215.
Verwitterung 471.
Vicariren 470.
Vitriolöl 251.
Volta'sche Säule oder Kette 167.

W.

Wage 29.
Wage, hydrostatische 39.
Wägung, doppelte 33.
Wägung, einfache 30.
Wahlverwandtschaft 174.
Wärmecapacität 118.
Wärmeleitung 123.
Wärmestrahlung u. Absorption 129.
Wasser 193.
Wasserblei 391.
Wasserglas 296.
Wasserkies 495.
Wassermörtel 322.
Wasserstoff 188.
Weichmanganerz 345.
Weißfeuer 384.
Weißspießglanzerz 386.
Windbüchse 61.
Wismuth 369.
Wismuthoxyd 370.
Wismuthoxyd, basisch-salpetersaures 370.
Wismuthhyperoxyd 370.
Witherit 330.
Wolfram 392.
Wolframoxyd 392.
Wolframsäure 392.
Wurfbewegung 2.

Y.

Ytererde 343.
Yttrium 343.

Z.

Zerfließen 65.
Zimmerheizung 137.
Zink 366.
Zinkblende 367.
Zinkglas 367.
Zinkhyperoxyd 366.
Zinkoxyd 366.
Zinkoxyd, kieselsaures 367.
Zinkoxyd, kohlensaures 367.
Zinkspath 367.
Zinn 376.
Zinnbutter 379.
Zinnober 393. 395.
Zinnoxyd 377.
Zinnoxydhydrate 377.
Zinnoxydul 377.
Zinnoxydulhydrat 377.
Zinnstein 376.
Zirkon 344.
Zirkonerde 343.
Zirkonium 343.

Digitized by Google

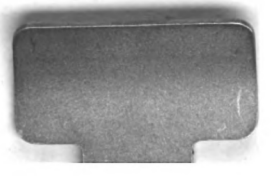
Verzeichniß der Druckfehler zum ersten Bande.

Seite	96,	Zeile	17	von oben,	anstatt 112 lies 212.
»	205,	»	9	» unten,	» 33,3 lies 83,3.
»	246,	»	8	» oben,	» 400 lies 100.
»	268,	»	4	» »	» 76,8 lies 67,8.
»	270,	»	1	» »	» chlorigsaures lies unterchlorigsaures.
»	286,	»	20	» »	» Kalk lies Kali.
»	296,	»	1	» unten,	» Eisen- lies Einfach-.
»	307,	»	17	» oben,	» Kali lies Natron.
»	342,	»	16	» unten,	» 46,2 » 45.
»	342,	»	17	» »	» 32,8 » 34.
»	342,	»	18	» »	» 11,1 » 11.
»	342,	»	19	» »	» 9,9 » 10.
»	343,	»	19	» oben,	» Thonerde lies Aluminium.
»	409,	»	4	» unten,	» 76,8 lies 67,8.
»	418,	»	14	» oben,	» ($Al_2O_3 + SO_3$) lies ($Al_2O_3 + 3SO_3$).
»	327,	»	9	» unten,	» 55,5 lies 21,3.
»	327,	»	1	» »	» 21,3 » 55,5.
»	328,	»	2	» oben,	» 55,5% lies 21,3%.
»	328,	»	4	» »	» 21,3% » 55,5%.
»	508,	»	8	» »	» verdünnten lies concentrirten.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google